

302267 8.

CSILLAGÁSZATI 1956 ÉVKÖNYV

A TARTALOMBÓL:

Dezső Loránt:

A Nap és Föld
légköréről

Kulin György:

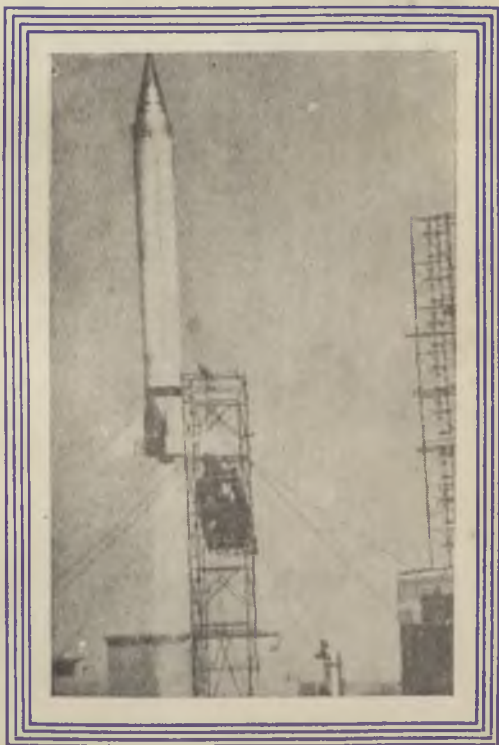
A Mars bolygó nagy
földközelsége 1956-ban

Almár Iván:

Űrhajózás,
mint tudomány

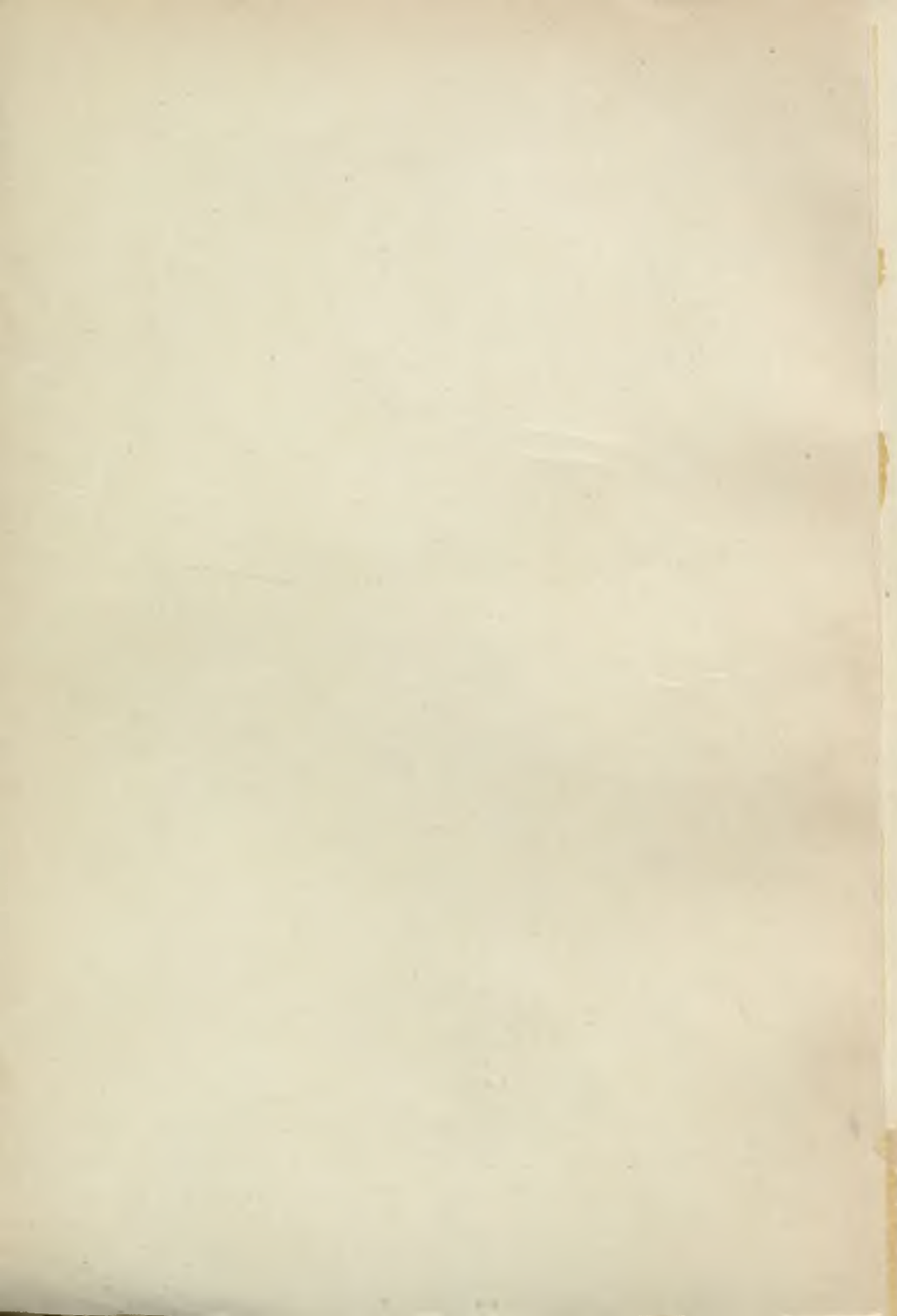
Herczeg Tibor:

A bolygók
belső szerkezete



KIADJA

A TÁRSADALOM ÉS TERMÉSZETTUDOMÁNYI
ISMERETTERJESZTŐ TÁRSULAT



CSILLAGÁSZATI ÉVKÖNYV

AZ 1956. ÉVRE

SZERKESZTETTE:

A TÁRSADALOM- ÉS TERMÉSZETTUDOMÁNYI
ISMERETTERJESZTŐ TÁRSULAT CSILLAGÁSZATI
SZAKOSZTÁLYA



BUDAPEST, 1955

Felelős kiadó: Ónódy Miklós

Kézirat beérkezett: 1955. IX. 22. Pédányszám: 5000. — Imprimálva: 1955. X. 30.

Terjedelem: 14,75 (A/5) ív

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

18902 — Egyetemi Nyomda, Budapest — F. v.: Janka Gyula igazgató

CSILLAGÁSZATI ADATOK AZ 1956. 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	Középeurópai zónaidőben					A HOLD fényváltásai	
				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	V	1	1	7 33	11 47	16 02	20 42	9 22		
2	H	2	2	7 33	11 47	16 03	21 57	9 49		
3	K		3	7 33	11 48	16 04	23 08	10 13		
4	Sz		4	7 33	11 48	16 05	—	10 36	☾ 23 41	
5	Cs		5	7 32	11 49	16 06	0 18	11 00		
6	P		6	7 32	11 49	16 07	1 26	11 27		
7	Sz		7	7 32	11 50	16 08	2 31	11 57		
8	V		8	7 32	11 50	16 10	3 33	12 21		
9	H	3	9	7 31	11 51	16 11	4 31	13 12		
10	K		10	7 31	11 51	16 12	5 24	14 01		
11	Sz		11	7 30	11 51	16 13	6 10	14 54		
12	Cs		12	7 30	11 52	16 15	6 49	15 53		
13	P		13	7 30	11 52	16 16	7 22	16 54	☉ 4 01	
14	Sz		14	7 30	11 53	16 18	7 51	17 58		
15	V		15	7 29	11 53	16 19	8 15	19 03		
16	H	4	16	7 28	11 53	16 20	8 38	20 08		
17	K		17	7 27	11 54	16 21	8 59	21 14		
18	Sz		18	7 27	11 54	16 22	9 21	22 21		
19	Cs		19	7 26	11 54	16 24	9 44	23 31		
20	P		20	7 25	11 55	16 26	10 09	—	☽ 23 58	
21	Sz		21	7 24	11 55	16 27	10 39	0 42		
22	V		22	7 23	11 55	16 28	11 16	1 55		
23	H	5	23	7 23	11 56	16 30	12 03	3 07		
24	K		24	7 22	11 56	16 31	13 01	4 15		
25	Sz		25	7 20	11 56	16 32	14 11	5 16		
26	Cs		26	7 19	11 56	16 34	15 29	6 06		
27	P		27	7 18	11 57	16 36	16 50	6 46	☉ 15 40	
28	Sz		28	7 17	11 57	16 37	18 11	7 19		
29	V		29	7 16	11 57	16 39	19 31	7 48		
30	H	6	30	7 15	11 57	16 40	20 46	8 14		
31	K		31	7 14	11 57	16 41	21 59	8 38		

Nap : 2-án 14h-kor földközelen.

Hold : 11-én 9h-kor földtávolban, látszólagos sugara : 14' 43",6

26-án 14h-kor földközelen, látszólagos sugara : 16' 40",1

H Ó N A P

0 ^h világidőkor						
Julian dátum. 2435...	Csillagidő* ($\lambda = 0$ -nál)	A NAP			A HOLD	
		rekta- szencziója	dekliná- ciója	látászó- sugara	rekta- szencziója	dekliná- ciója
	h m s	h m	° ' "	" "	h m	° ' "
...473,5	6 38 31,985	18 42	-23 06	16 18	9 22	+10 34
474,5	6 42 28,543	18 46	23 01	16 18	10 16	5 20
475,5	6 46 25,101	18 50	22 56	16 18	11 07	- 0 01
476,5	6 50 21,659	18 55	22 51	16 18	11 56	5 10
477,5	6 54 18,217	18 59	22 45	16 18	12 45	9 56
478,5	6 58 14,775	19 04	22 38	16 18	13 34	14 08
479,5	7 02 11,333	19 08	22 32	16 18	14 23	17 38
480,5	7 06 07,890	19 12	22 24	16 18	15 13	20 18
481,5	7 10 04,448	19 17	22 16	16 18	16 04	22 03
482,5	7 14 01,005	19 21	22 08	16 18	16 55	22 48
483,5	7 17 57,563	19 25	21 59	16 18	17 46	22 32
484,5	7 21 54,120	19 29	21 50	16 18	18 37	21 16
485,5	7 25 50,678	19 34	21 41	16 18	19 27	19 04
486,5	7 29 47,235	19 38	21 31	16 18	20 15	16 03
487,5	7 33 43,792	19 42	21 20	16 18	21 03	12 20
488,5	7 37 40,349	19 47	21 10	16 17	21 48	8 06
489,5	7 41 36,906	19 51	20 58	16 17	22 34	- 3 30
490,5	7 45 33,463	19 55	20 47	16 17	23 20	+ 1 19
491,5	7 49 30,020	20 00	20 35	16 17	0 07	6 10
492,5	7 53 26,577	20 04	20 23	16 17	0 56	10 50
493,5	7 57 23,134	20 08	20 10	16 17	1 48	15 07
494,5	8 01 19,691	20 12	19 57	16 17	2 43	18 43
495,5	8 05 16,247	20 17	19 43	16 17	3 42	21 20
496,5	8 09 12,804	20 21	19 30	16 17	4 44	22 39
497,5	8 13 09,360	20 25	19 15	16 17	5 48	22 26
498,5	8 17 05,916	20 29	19 01	16 17	6 53	20 38
499,5	8 21 02,473	20 33	18 46	16 17	7 55	17 22
500,5	8 24 59,029	20 37	18 31	16 16	8 55	13 00
501,5	8 28 55,585	20 42	18 15	16 16	9 52	7 50
502,5	8 32 52,141	20 46	17 59	16 16	10 46	+ 2 23
503,5	8 36 48,696	20 50	-17 43	16 16	11 37	- 3 02

* A *Berliner Astronomisches Jahrbuch* ny. már az a valódi csillagidő, amely a nutációnak a hosszperiódusú tagját magában foglalja (de a rövidperiódusú nem).

I. FEBRUÁR

Dátum	A hét napjai	Az év hányadik hete	Az év hányadik napja	Középeurópai zónaldőben					A HOLD fény-változásai
				Budapesten					
				A NAP			A HOLD		
				kel	delel	nyug-szik	kel	nyug-szik	
								h m	
1	Sz	(6)	32	7 13	11 58	16 43	23 10	9 03	
2	Cs		33	7 11	11 58	16 45	—	9 30	
3	P		34	7 10	11 58	16 47	0 18	9 59	☾ 17 08
4	Sz		35	7 09	11 58	16 49	1 23	10 32	
5	V		36	7 07	11 58	16 50	2 23	11 11	
6	H	7	37	7 06	11 58	16 53	3 18	11 56	
7	K		38	7 05	11 58	16 53	4 07	12 48	
8	Sz		39	7 03	11 58	16 54	4 48	13 45	
9	Cs		40	7 02	11 58	16 56	5 24	14 46	
10	P		41	7 00	11 58	16 58	5 54	15 49	
11	Sz		42	6 58	11 58	16 59	6 20	16 53	☀ 22 38
12	V		43	6 57	11 58	17 01	6 44	17 59	
13	H	8	44	6 56	11 58	17 02	7 06	19 05	
14	K		45	6 54	11 58	17 03	7 28	20 13	
15	Sz		46	6 53	11 58	17 05	7 50	21 22	
16	Cs		47	6 51	11 58	17 07	8 15	22 32	
17	P		48	6 50	11 58	17 09	8 43	23 43	
18	Sz		49	6 48	11 58	17 10	9 18	—	
19	V		50	6 46	11 58	17 12	9 59	0 54	☾ 10 21
20	H	9	51	6 44	11 58	17 13	10 51	2 02	
21	K		52	6 42	11 58	17 14	11 53	3 03	
22	Sz		53	6 40	11 58	17 16	13 05	3 55	
23	Cs		54	6 38	11 58	17 18	14 22	4 39	
24	P		55	6 36	11 58	17 19	15 42	5 15	
25	Sz		56	6 35	11 57	17 21	17 02	5 45	
26	V		57	6 33	11 57	17 22	18 19	6 13	☀ 2 41
27	H	10	58	6 31	11 57	17 24	19 34	6 38	
28	K		59	6 29	11 57	17 25	20 48	7 04	
29	Sz		60	6 27	11 57	17 27	21 58	7 30	

Hold : 7-én 20h-kor földtávolban, látszólagos sugara : 14'45",8
 23-án 19h-kor földközelpénben, látszólagos sugara : 16'26",6

H Ó N A P

0 ^h világitókor						
Julián dátum 2435...	Csillagidő* (λ = 0 -nál)	A NAP			A HOLD	
		rekta- szcenziója	deklina- ciója	látászó- sugara	rekta- szcenziója	deklina- ciója
	h m s	h m	° ′	′ ″	h m	° ′
...504,5	8 40 45,252	20 54	-17 26	16 16	12 28	- 8 07
505,5	8 44 41,808	20 58	17 10	16 16	13 18	12 39
506,5	8 48 38,363	21 02	16 52	16 16	14 08	16 28
507,5	8 52 34,919	21 06	16 35	16 15	14 58	19 26
508,5	8 56 31,474	21 10	16 17	16 15	15 49	21 29
509,5	9 00 28,029	21 14	15 59	16 15	16 41	22 32
510,5	9 04 24,584	21 18	15 41	16 15	17 32	22 35
511,5	9 08 21,139	21 22	15 22	16 15	18 23	21 37
512,5	9 12 17,694	21 26	15 03	16 15	19 13	19 42
513,5	9 16 14,249	21 30	14 44	16 14	20 02	16 55
514,5	9 20 10,804	21 34	14 25	16 14	20 49	13 24
515,5	9 24 07,358	21 38	14 05	16 14	21 36	9 18
516,5	9 28 03,913	21 42	13 46	16 14	22 23	- 4 46
517,5	9 32 00,467	21 46	13 26	16 14	23 09	+ 0 02
518,5	9 35 57,021	21 50	13 05	16 14	23 56	4 53
519,5	9 39 53,576	21 54	12 45	16 13	0 45	9 37
520,5	9 43 50,130	21 58	12 24	16 13	1 36	13 58
521,5	9 47 46,684	22 02	12 03	16 13	2 29	17 41
522,5	9 51 43,238	22 05	11 42	16 13	3 26	20 31
523,5	9 55 39,791	22 09	11 21	16 13	4 25	22 11
524,5	9 59 36,345	22 13	11 00	16 12	5 27	22 29
525,5	10 03 32,899	22 17	10 38	16 12	6 29	21 19
526,5	10 07 29,453	22 21	10 16	16 12	7 30	18 44
527,5	10 11 26,006	22 25	9 54	16 12	8 29	14 55
528,5	10 15 22,560	22 28	9 32	16 11	9 26	10 11
529,5	10 19 19,113	22 32	9 10	16 11	10 21	+ 4 54
530,5	10 23 15,666	22 36	8 48	16 11	11 14	- 0 33
531,5	10 27 12,219	22 40	8 25	16 11	12 06	5 50
532,5	10 31 08,773	22 44	- 8 03	16 11	12 58	-10 41

I. MÁRCIUS

Dátum	A hét napjai	Az év hányadik hete	Az év hányadik napja	Középeurópai zónaidőben					A HOLD fényváltozásai	
				Budapest						
				A NAP			A HOLD			
				kel	delel	nyug-szikl	kel	nyug-szikl	h m	
				h m	h m	h m	h m	h m	h m	
1	Cs	(10)	61	6 25	11 57	17 29	23 07	7 58		
2	P		62	6 23	11 56	17 30	—	8 31		
3	Sz		63	6 22	11 56	17 32	0 10	9 09		
4	V		64	6 20	11 56	17 33	1 09	9 52	☾ 12 53	
5	H	11	65	6 18	11 56	17 34	2 00	10 31		
6	K		66	6 16	11 56	17 36	2 44	11 26		
7	Sz		67	6 14	11 55	17 37	3 22	12 36		
8	Cs		68	6 12	11 55	17 39	3 54	13 37		
9	P		69	6 11	11 55	17 41	4 22	14 41		
10	Sz		70	6 09	11 55	17 42	4 47	15 47		
11	V		71	6 06	11 54	17 43	5 10	16 53		
12	H	12	72	6 04	11 54	17 45	5 33	18 01	☉ 14 36	
13	K		73	6 02	11 54	17 46	5 55	19 10		
14	Sz		74	6 00	11 53	17 48	6 20	20 21		
15	Cs		75	5 58	11 53	17 49	6 48	21 33		
16	P		76	5 56	11 53	17 51	7 20	22 45		
17	Sz		77	5 54	11 53	17 52	8 00	23 54		
18	V		78	5 52	11 52	17 53	8 49	—		
19	H	13	79	5 50	11 52	17 55	9 47	0 56	☾ 18 13	
20	K		80	5 48	11 52	17 56	10 53	1 50		
21	Sz		81	5 46	11 51	17 58	12 06	2 35		
22	Cs		82	5 44	11 51	18 00	13 23	3 13		
23	P		83	5 42	11 51	18 01	14 40	3 44		
24	Sz		84	5 40	11 51	18 02	15 56	4 13		
25	V		85	5 38	11 50	18 03	17 11	4 39		
26	H	14	86	5 36	11 50	18 05	18 24	5 04	☉ 14 11	
27	K		87	5 34	11 50	18 06	19 37	5 30		
28	Sz		88	5 32	11 49	18 08	20 47	5 58		
29	Cs		89	5 30	11 49	18 09	21 53	6 29		
30	P		90	5 28	11 49	18 10	22 55	7 05		
31	Sz		91	5 26	11 48	18 12	23 49	7 46		

Tavas kezdet: 20-án 16^h 21^m-kor.

Hold : 6-án 14^h-kor földtávolban, látszólagos sugara : 14'47",7

23-án 1^h-kor földközélen, látszólagos sugara : 16'12",5

H Ó N A P

0 ^h világidőkor						
Jullán dátum 2435...	Csillagidő* (λ = 0 ^o -nál)	A NAP			A HOLD	
		rekta- szcenzlója	dekliná- ciója	látszó- sugara	rekta- szcenzlója	dekliná- ciója
	h m s	h m	° ′	′ ″	h m	° ′
..533,5	10 35 05,326	22 47	— 7 40	16 10	13 49	—14 52
534,5	10 39 01,879	22 51	7 17	16 10	14 41	18 14
535,5	10 42 58,432	22 55	6 54	16 10	15 33	20 39
536,5	10 46 54,984	22 58	6 31	16 10	16 25	22 03
537,5	10 50 51,537	23 02	6 08	16 09	17 16	22 25
538,5	10 54 48,090	23 06	5 45	16 09	18 07	21 47
539,5	10 58 44,643	23 10	5 22	16 09	18 58	20 11
540,5	11 02 41,195	23 13	4 58	16 09	19 47	17 42
541,5	11 06 37,748	23 17	4 35	16 08	20 35	14 27
542,5	11 10 34,301	23 21	4 11	16 08	21 22	10 33
543,5	11 14 30,853	23 24	3 48	16 08	22 09	6 10
544,5	11 18 27,406	23 28	3 24	16 07	22 56	— 1 26
345,5	11 22 23,958	23 32	3 01	16 07	23 43	+ 3 28
546,5	11 26 20,511	23 35	2 37	16 07	0 33	8 16
547,5	11 30 17,063	23 39	2 13	16 07	1 24	12 46
548,5	11 34 13,616	23 43	1 50	16 06	2 17	16 41
549,5	11 38 10,168	23 46	1 26	16 06	3 14	19 44
550,5	11 42 06,721	23 50	1 02	16 06	4 12	21 40
551,5	11 46 03,273	23 54	0 39	16 06	5 12	22 17
552,5	11 49 59,825	23 57	— 0 15	16 05	6 13	21 30
553,5	11 53 56,378	0 01	+ 0 08	16 05	7 13	19 22
554,5	11 57 52,930	0 05	0 32	16 05	8 11	16 01
555,5	12 01 49,483	0 09	0 56	16 05	9 07	11 44
556,5	12 05 46,035	0 12	1 19	16 04	10 02	6 48
557,5	12 09 42,587	0 16	1 43	16 04	10 54	+ 1 33
558,5	12 13 39,140	0 20	2 06	16 04	11 46	— 3 43
559,5	12 17 35,692	0 23	2 30	16 03	12 37	8 42
560,5	12 21 32,245	0 27	2 54	16 03	13 29	13 09
561,5	12 25 28,797	0 30	3 17	16 03	14 21	16 51
562,5	12 29 25,350	0 34	3 40	16 03	15 13	19 38
563,5	12 33 21,902	0 38	+ 4 04	16 02	16 06	—21 25

I. ÁPRILIS

Dátum	A hét napjai	Az év hányadik hete	Az év hányadik napja	Középeurópai zónaldőben					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	V	(14)	92	5 24	11 48	18 13	—	8 34	
2	H	15	93	5 22	11 48	18 15	0 37	9 26	
3	K		94	5 20	11 48	18 16	1 18	10 24	☾ 9 06
4	Sz		95	5 18	11 47	18 17	1 52	11 24	
5	Cs		96	5 16	11 47	18 18	2 22	12 27	
6	P		97	5 14	11 47	18 20	2 48	13 34	
7	Sz		98	5 12	11 46	18 21	3 12	14 37	
8	V		99	5 11	11 46	18 23	3 35	15 44	
9	H	16	100	5 08	11 46	18 24	3 58	16 53	
10	K		101	5 06	11 46	18 26	4 22	18 04	
11	Sz		102	5 04	11 45	18 28	4 49	19 17	☉ 3 39
12	Cs		103	5 02	11 45	18 28	5 20	20 31	
13	P		104	5 00	11 45	18 30	5 59	21 42	
14	Sz		105	4 58	11 44	18 31	6 45	22 49	
15	V		106	4 56	11 44	18 33	7 42	23 46	
16	H	17	107	4 54	11 44	18 34	8 47	—	
17	K		108	4 53	11 44	18 36	9 58	0 34	
18	Sz		109	4 51	11 43	18 37	11 13	1 13	☾ 0 28
19	Cs		110	4 49	11 43	18 38	12 28	1 46	
20	P		111	4 47	11 43	18 40	13 42	2 15	
21	Sz		112	4 45	11 43	18 41	14 55	2 41	
22	V		113	4 43	11 43	18 42	16 08	3 06	
23	H	18	114	4 42	11 42	18 44	17 19	3 31	
24	K		115	4 40	11 42	18 45	18 29	3 58	
25	Sz		116	4 38	11 42	18 47	19 37	4 27	☉ 2 40
26	Cs		117	4 36	11 42	18 48	20 40	5 01	
27	P		118	4 34	11 42	18 50	21 39	5 41	
28	Sz		119	4 32	11 42	18 51	22 29	6 26	
29	V		120	4 31	11 41	18 52	23 13	7 17	
30	H	19	121	4 29	11 41	18 53	23 51	8 14	

Ifold : 3-án 11h-kor földtávolban, látszólagos sugara : 14'49",0
 15-én 23h-kor földközben, látszólagos sugara : 16'12",3

H Ó N A P

0^h világidőkor

Julian dátum 2435...	Csillagidő* (λ = 0 -nál)	A NAP			A HOLD	
		rekta- szenciója	dekliná- ciója	látzó- sugara	rekta- szenciója	dekliná- ciója
	h m s	h m	° ′	′ °	h m	° ′
...564,5	12 37 18,455	0 41	+ 4 27	16 02	16 58	-22 09
565,5	12 41 15,007	0 45	4 50	16 02	17 50	21 51
566,5	12 45 11,560	0 49	5 13	16 01	18 41	20 34
567,5	12 49 08,113	0 52	5 36	16 01	19 30	18 23
568,5	12 53 04,665	0 56	5 59	16 01	20 18	15 25
569,5	12 57 01,218	1 00	6 22	16 00	21 06	11 47
570,5	13 00 57,771	1 03	6 44	16 00	21 52	7 36
571,5	13 04 54,324	1 07	7 07	16 00	22 39	- 3 02
572,5	13 08 50,877	1 11	7 29	16 00	23 27	+ 1 48
573,5	13 12 47,430	1 14	7 52	15 59	0 16	6 39
574,5	13 16 43,983	1 18	8 14	15 59	1 07	11 18
575,5	13 20 40,536	1 22	8 36	15 59	2 01	15 28
576,5	13 24 37,089	1 25	8 58	15 59	2 57	18 50
577,5	13 28 33,642	1 29	9 19	15 58	3 57	21 07
578,5	13 32 30,195	1 33	9 41	15 58	4 58	22 04
579,5	13 36 26,749	1 36	10 02	15 58	5 59	21 35
580,5	13 40 23,302	1 40	10 23	15 58	7 00	19 44
581,5	13 44 19,855	1 44	10 45	15 57	7 58	16 40
582,5	13 48 16,409	1 47	11 05	15 57	8 54	12 39
583,5	13 52 12,962	1 51	11 26	15 57	9 47	7 59
584,5	13 56 09,516	1 55	11 47	15 57	10 39	+ 2 56
585,5	14 00 06,070	1 59	12 07	15 56	11 30	- 2 12
586,5	14 04 02,624	2 02	12 27	15 56	12 20	7 09
587,5	14 07 59,178	2 06	12 47	15 56	13 11	11 42
588,5	14 11 55,732	2 10	13 07	15 56	14 03	15 36
589,5	14 15 52,286	2 14	13 26	15 55	14 55	18 41
590,5	14 19 48,840	2 17	13 45	15 55	15 47	20 48
591,5	14 23 45,394	2 21	14 04	15 55	16 40	21 53
592,5	14 27 41,949	2 25	14 23	15 55	17 33	21 55
593,5	14 31 38,503	2 29	14 42	15 54	18 24	-20 56

I. MÁJUS

Dátum	A hét napjai	Az év hányadik napja	Az év hányadik napja	Középeurópai 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	h m	
1	K	(19)	122	4 28	11 41	18 55	—	9 13	
2	Sz		123	4 26	11 41	18 56	0 21	10 14	
3	Cs		124	4 25	11 41	18 58	0 49	11 17	☾ 3 55
4	P		125	4 23	11 41	18 59	1 13	12 21	
5	Sz		126	4 22	11 41	19 01	1 35	13 24	
6	V		127	4 20	11 41	19 02	1 58	14 33	
7	H	20	128	4 19	11 40	19 03	2 22	15 42	
8	K		129	4 17	11 40	19 04	2 47	16 55	
9	Sz		130	4 15	11 40	19 06	3 17	18 09	
10	Cs		131	4 14	11 40	19 07	3 53	19 23	☉ 14 04
11	P		132	4 12	11 40	19 08	4 36	20 33	
12	Sz		133	4 11	11 40	19 10	5 30	21 37	
13	V		134	4 10	11 40	19 11	6 35	22 30	
14	H	21	135	4 08	11 40	19 12	7 46	23 13	
15	K		136	4 07	11 40	19 14	9 02	23 49	
16	Sz		137	4 06	11 40	19 15	10 18	—	
17	Cs		138	4 05	11 40	19 16	11 33	0 19	☽ 6 15
18	P		139	4 04	11 40	19 18	12 47	0 45	
19	Sz		140	4 03	11 40	19 19	13 58	1 10	
20	V		141	4 02	11 40	19 20	15 08	1 34	
21	H	22	142	4 01	11 40	19 21	16 17	2 00	
22	K		143	4 00	11 40	19 22	17 25	2 29	
23	Sz		144	3 58	11 41	19 23	18 30	3 00	
24	Cs		145	3 57	11 41	19 25	19 29	3 38	☉ 16 26
25	P		146	3 56	11 41	19 26	20 23	4 20	
26	Sz		147	3 55	11 41	19 27	21 10	5 10	
27	V		148	3 54	11 41	19 28	21 49	6 04	
28	H	23	149	3 54	11 41	19 29	22 22	7 03	
29	K		150	3 53	11 41	19 30	22 51	8 03	
30	Sz		151	3 53	11 41	19 31	23 16	9 05	
31	Cs		152	3 52	11 41	19 32	23 38	10 08	

Hold : 1-én 6^b-kor földtávolban, látszólagos sugara : 14'47",9
 13-án 2^b-kor földközelen, látszólagos sugara : 16'26",0
 28-án 22^b-kor földtávolban, látszólagos sugara : 14'46",7

H Ó N A P

0 ^o világitdőkör						
Julián dátum 2435...	Csillagidő* (λ = 0°-nál)	A NAP			A HOLD	
		rekta- szenciója	deklná- ciója	látszó- sugara	rekta- szenciója	deklná- ciója
	h m s	h m	° ′	′ ′	h m	° ′
...594,5	14 35 35,057	2 33	15 00	15 54	19 14	—19 02
595,5	14 39 31,612	2 37	15 18	15 54	20 03	16 19
596,5	14 43 28,167	2 40	15 36	15 54	20 49	12 56
597,5	14 47 24,722	2 44	15 54	15 53	21 36	8 59
598,5	14 51 21,277	2 48	16 11	15 53	22 22	— 4 37
599,5	14 55 17,832	2 52	16 28	15 53	23 08	+ 0 04
600,5	14 59 14,387	2 56	16 45	15 53	23 56	4 51
601,5	15 03 10,942	3 00	17 01	15 52	9 46	9 34
602,5	15 07 07,497	3 04	17 18	15 52	1 39	13 57
603,5	15 11 04,052	3 07	17 33	15 52	2 36	17 40
604,5	15 15 00,607	3 11	17 49	15 52	3 35	20 24
605,5	15 18 57,163	3 15	18 04	15 51	4 37	21 50
606,5	15 22 53,718	3 19	18 19	15 51	5 41	21 48
607,5	15 26 50,274	3 23	18 34	15 51	6 43	20 16
608,5	15 30 46,830	3 27	18 49	15 51	7 44	17 25
609,5	15 34 43,386	3 31	19 03	15 51	8 41	13 33
600,5	15 38 39,941	3 35	19 16	15 51	9 35	8 58
611,5	15 42 36,497	3 39	19 30	15 50	10 28	+ 3 59
612,5	15 46 33,053	3 43	19 43	15 50	11 18	— 1 05
613,5	15 50 29,609	3 47	19 56	15 50	12 08	6 02
614,5	15 54 26,166	3 51	20 08	15 50	12 58	10 36
615,5	15 58 22,722	3 55	20 20	15 50	13 48	14 37
616,5	16 02 19,278	3 59	20 32	15 50	14 39	17 53
617,5	16 06 15,835	4 03	20 43	15 49	15 31	20 16
618,5	16 10 12,391	4 07	20 54	15 49	16 24	21 39
619,5	16 14 08,948	4 11	21 05	15 49	17 16	21 59
620,5	16 18 05,504	4 15	21 15	15 49	18 08	21 18
621,5	16 22 02,061	4 19	21 25	15 49	18 59	19 39
622,5	16 25 58,617	4 23	21 35	15 49	19 47	17 11
623,5	16 29 55,174	4 27	21 44	15 48	20 35	14 00
624,5	16 33 51,731	4 31	21 53	15 48	21 21	—10 15

I. JÚNIUS

Dátum	A hét napjai	Az év hányadik hete	Az év hányadik napja	Középeurópai 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	h m	
1	P	(23)	153	3 51	11 42	19 33	—	11 11	☾ 20 13	
2	Sz		154	3 50	11 42	19 34	0 00	12 16		
3	V		155	3 50	11 42	19 35	0 23	13 23		
4	H	24	156	3 49	11 42	19 36	0 46	14 32		
5	K		157	3 48	11 42	19 37	1 14	15 45		
6	Sz		158	3 48	11 42	19 37	1 45	16 58		
7	Cs		159	3 48	11 43	19 38	2 25	18 11		
8	P		160	3 48	11 43	19 39	3 15	19 19	☽ 22 29	
9	Sz		161	3 47	11 43	19 39	4 14	20 19		
10	V		162	3 47	11 43	19 40	5 25	21 08		
11	H	25	163	3 46	11 43	19 40	6 42	21 48		
12	K		164	3 46	11 44	19 41	8 02	22 21		
13	Sz		165	3 46	11 44	19 41	9 20	22 49		
14	Cs		166	3 46	11 44	19 42	10 35	23 15		
15	P		167	3 46	11 44	19 43	11 48	23 40	☽ 12 56	
16	Sz		168	3 46	11 44	19 43	12 59	—		
17	V		169	3 46	11 45	19 43	14 09	0 05		
18	H	26	170	3 46	11 45	19 44	15 17	0 32		
19	K		171	3 46	11 45	19 44	16 22	1 03		
20	Sz		172	3 46	11 45	19 44	17 22	1 37		
21	Cs		173	3 46	11 45	19 45	18 18	2 18		
22	P		174	3 47	11 46	19 45	19 07	3 04		
23	Sz		175	3 47	11 46	19 45	19 49	3 57	☽ 7 13	
24	V		176	3 47	11 46	19 45	20 24	4 54		
25	H	27	177	3 47	11 46	19 45	20 54	5 54		
26	K		178	3 48	11 47	19 45	21 20	6 56		
27	Sz		179	3 48	11 47	19 45	21 43	7 58		
28	Cs		180	3 49	11 47	19 45	22 05	9 01		
29	P		181	3 49	11 47	19 45	22 28	10 04		
30	Sz		182	3 50	11 47	19 45	22 50	11 07		

Nyár kezdete: 21-én 11h 24m-kor.

Nap: 5-én 2h-kor földtávolban.

Hold: 10-én 4h-kor földközelpben, látszólagos sugara: 16'38",1
25-én 9h-kor földtávolban, látszólagos sugara: 14'44",3

H Ó N A P

0^h világidőkor

Julián dátum 2435...	Cillagidő ($\lambda = 0^\circ$ -nál)	A NAP			A HOLD	
		rekta- szcenzlója	dekliná- ciója	látszó- sugara	rekta- szcenzlója	dekliná- ciója
	h m s	h m	° ' "	' "	h m	° ' "
625,5	16 37 48,288	4 35	+22 01	15 48	22 06	- 6 03
626,5	16 41 44,845	4 40	22 09	15 48	22 52	- 1 33
627,5	16 45 41,402	4 44	22 17	15 48	23 38	+ 3 07
628,5	16 49 37,959	4 48	22 24	15 48	0 26	7 47
629,5	16 53 34,616	4 52	22 31	15 48	1 17	12 15
630,5	16 57 31,073	4 56	22 38	15 47	2 11	16 13
631,5	17 01 27,630	5 00	22 44	15 47	3 09	19 23
632,5	17 05 24,187	5 04	22 49	15 47	4 11	21 24
633,5	17 09 20,744	5 08	22 55	15 47	5 15	21 59
634,5	17 13 17,302	5 13	23 00	15 47	6 11	21 01
635,5	17 17 13,859	5 17	23 04	15 47	7 23	18 33
636,5	17 21 10,416	5 21	23 04	15 47	8 23	14 52
637,5	17 25 06,974	5 25	23 12	15 47	9 20	10 20
638,5	17 29 03,531	5 29	23 15	15 47	10 14	5 19
639,5	17 33 00,088	5 33	23 18	15 46	11 06	+ 0 08
640,5	17 36 56,646	5 37	23 21	15 46	11 56	- 4 54
641,5	17 40 53,203	5 42	23 23	15 46	12 46	9 36
642,5	17 44 49,761	5 46	23 24	15 46	13 36	13 44
643,5	17 48 46,318	5 50	23 25	15 46	14 27	17 10
644,5	17 52 42,875	5 54	23 26	15 46	15 18	19 45
645,5	17 56 39,433	5 58	23 27	15 46	16 10	21 23
646,5	18 00 35,990	6 02	23 27	15 46	17 02	22 00
647,5	18 04 32,548	6 07	23 26	15 46	17 54	21 36
648,5	18 08 29,105	6 11	23 25	15 46	18 45	20 13
649,5	18 12 25,662	6 15	23 24	15 46	19 34	17 58
650,5	18 16 22,220	6 19	23 22	15 46	20 22	14 59
651,5	18 20 18,777	6 23	23 20	15 46	21 08	11 23
652,5	18 24 15,335	6 27	23 18	15 46	21 54	7 20
653,5	18 28 11,892	6 31	23 15	15 46	22 39	- 2 57
654,5	18 32 08,449	6 36	+23 12	15 46	23 24	+ 1 37

I. JÚLIUS

Dátum	A hét napját	Az év hányadik hete	Az év hányadik napja	Középeurópai 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	V	(27)	183	3 50	11 48	19 45	23 15	12 15	☾ 9 40	
2	H	28	184	3 51	11 48	19 45	23 43	13 24		
3	K		185	3 52	11 48	19 45	—	14 35		
4	Sz		186	3 52	11 48	19 44	0 17	15 47		
5	Cs		187	3 53	11 48	19 44	1 00	16 57		
6	P		188	3 53	11 48	19 43	1 54	18 01		
7	Sz		189	3 54	11 49	19 43	3 00	18 55		
8	V		190	3 55	11 49	19 42	4 14	19 41	☉ 5 37	
9	H	29	191	3 56	11 49	19 42	5 30	20 18		
10	K		192	3 57	11 49	19 41	6 56	20 49		
11	Sz		193	3 58	11 49	19 40	8 15	21 18		
12	Cs		194	3 59	11 49	19 40	9 32	21 44		
13	P		195	4 00	11 49	19 39	10 47	22 10		
14	Sz		196	4 01	11 50	19 38	11 58	22 37	☾ 21 46	
15	V		197	4 02	11 50	19 37	13 08	23 06		
16	H	30	198	4 03	11 50	19 37	14 14	23 39		
17	K		199	4 03	11 50	19 36	15 16	—		
18	Sz		200	4 04	11 50	19 35	16 13	0 18		
19	Cs		201	4 05	11 50	19 34	17 04	1 02		
20	P		202	4 07	11 50	19 33	17 48	1 52		
21	Sz		203	4 08	11 50	19 32	18 26	2 48		
22	V		204	4 09	11 50	19 31	18 57	3 47	☉ 22 29	
23	H	31	205	4 10	11 50	19 30	19 25	4 47		
24	K		206	4 11	11 50	19 29	19 49	5 50		
25	Sz		207	4 12	11 50	19 28	20 12	6 53		
26	Cs		208	4 14	11 50	19 27	20 34	7 56		
27	P		209	4 15	11 50	19 25	20 55	9 00		
28	Sz		210	4 16	11 50	19 24	21 19	10 05		
29	V		211	4 18	11 50	19 23	21 45	11 11		
30	H	32	212	4 19	11 50	19 22	22 16	12 20	☾ 20 31	
31	K		213	4 20	11 50	19 21	22 54	13 29		

Hold : 8-án 12h-kor földközépen, látszólagos sugara : 16'43",9
 22-én 12h-kor földtávolban, látszólagos sugara : 14'43",9

HÓNAP

0^h világidőkor

Julián dátum 2435...	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	° ′
...655,5	18 36 05,007	6 40	+23 08	15 46	0 10	+ 6 12
656,5	18 40 01,564	6 44	23 04	15 46	0 59	10 38
657,5	18 43 58,121	6 48	22 59	15 46	1 50	14 43
658,5	18 47 54,678	6 52	22 54	15 46	2 46	18 09
659,5	18 51 51,236	6 56	22 49	15 46	3 44	20 39
660,5	18 55 47,793	7 00	22 43	15 46	4 47	21 54
661,5	18 59 44,350	7 04	22 37	15 46	5 51	21 38
662,5	19 03 40,907	7 09	22 31	15 46	6 55	19 49
663,5	19 07 37,464	7 13	22 24	15 46	7 58	16 35
664,5	19 11 34,021	7 17	22 16	15 46	8 58	12 15
665,5	19 15 30,578	7 21	22 09	15 46	9 55	7 14
666,5	19 19 27,135	7 25	22 01	15 46	10 50	+ 1 56
667,5	19 23 23,692	7 29	21 52	15 46	11 42	- 3 20
668,5	19 27 20,248	7 33	21 43	15 46	12 34	8 15
669,5	19 31 16,805	7 37	21 34	15 46	13 24	12 38
670,5	19 35 13,362	7 41	21 25	15 46	14 15	16 18
671,5	19 39 09,918	7 45	21 15	15 46	15 06	19 07
672,5	19 43 06,475	7 49	21 04	15 46	15 58	21 00
673,5	19 47 03,031	7 53	20 54	15 46	16 50	21 53
674,5	19 50 59,588	7 57	20 43	15 46	17 42	21 45
675,5	19 54 56,144	8 01	20 32	15 46	18 32	20 38
676,5	19 58 52,700	8 05	20 20	15 46	19 22	18 38
677,5	20 02 49,257	8 09	20 08	15 46	20 10	15 50
678,5	20 06 45,813	8 13	19 56	15 47	20 57	12 24
679,5	20 10 42,369	8 17	19 43	15 47	21 43	8 28
680,5	20 14 38,925	8 21	19 30	15 47	22 28	- 4 11
681,5	20 18 35,480	8 25	19 17	15 47	23 13	+ 0 19
682,5	20 22 32,036	8 29	19 03	15 47	23 59	4 51
683,5	20 26 28,592	8 33	18 49	15 47	0 46	9 16
684,5	20 30 25,148	8 37	18 35	15 47	1 35	13 23
685,5	20 34 21,703	8 41	+18 20	15 47	2 28	+16 57

I. AUGUSZTUS

Dátum	A hét napjai	Az év hányadik hete	Az év hányadik napja	Középeurópai 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	h m	
1	Sz	(32)	214	4 21	11 50	19 19	23 41	14 38		
2	Cs		215	4 22	11 50	19 18	—	15 43		
3	P		216	4 23	11 50	19 16	0 39	16 41		
4	Sz		217	4 25	11 50	19 15	1 47	17 30		
5	V		218	4 26	11 50	19 13	3 04	18 11		
6	H	33	219	4 28	11 50	19 12	4 25	18 46	☉ 12 25	
7	K		220	4 29	11 50	19 10	5 47	19 16		
8	Sz		221	4 31	11 50	19 09	7 07	19 45		
9	Cs		222	4 32	11 49	19 07	8 25	20 11		
10	P		223	4 33	11 49	19 05	9 40	20 39		
11	Sz		224	4 34	11 49	19 03	10 53	21 08		
12	V		225	4 35	11 49	19 02	12 02	21 40		
13	H	34	226	4 37	11 49	19 01	13 07	22 18	☾ 9 45	
14	K		227	4 38	11 49	18 59	14 07	23 00		
15	Sz		228	4 39	11 48	18 57	15 00	23 44		
16	Cs		229	4 40	11 48	18 55	15 46	—		
17	P		230	4 42	11 48	18 53	16 24	0 42		
18	Sz		231	4 43	11 48	18 51	17 00	1 40		
19	V		232	4 45	11 48	18 49	17 29	2 40		
20	H	35	233	4 46	11 47	18 47	17 54	3 42		
21	K		234	4 48	11 47	18 46	18 17	4 45	☉ 13 38	
22	Sz		235	4 49	11 47	18 45	18 40	5 48		
23	Cs		236	4 50	11 47	18 43	19 02	6 52		
24	P		237	4 51	11 46	18 40	19 25	7 57		
25	Sz		238	4 53	11 46	18 38	19 51	8 03		
26	V		239	4 54	11 46	18 36	20 20	10 10		
27	H	36	240	4 56	11 46	18 35	20 55	11 18		
28	K		241	4 57	11 45	18 33	21 28	12 26		
29	Sz		242	4 58	11 45	18 31	22 28	13 30	☾ 5 13	
30	Cs		243	4 59	11 45	18 29	23 30	14 29		
31	P		244	5 01	11 44	18 27	—	15 20		

Hold : 5-én 22h-kor földközépen, látszólagos sugara : 16'41",3
 18-án 17h-kor földtávolban, látszólagos sugara : 14'45",1

H Ó N A P

0 ^h világidőkor						
Julián dátum 2435...	Csillagidő* ($\lambda = \theta - \alpha$)	A NAP			A HOLD	
		rekta- szcenciója	deklina- ciója	látszó- sugara	rekta- szcenciója	deklina- ciója
	h m s	h m	° ′	′ ″	h m	° ′
...686,5	20 38 18,259	8 45	+18 05	15 47	3 23	+19 44
687,5	20 42 14,814	8 48	17 50	15 47	4 23	21 26
688,5	20 46 11,369	8 52	17 35	15 48	5 24	21 49
689,5	20 50 07,925	8 56	17 19	15 48	6 28	20 43
690,5	20 54 04,480	9 00	17 03	15 48	7 31	18 09
691,5	20 58 01,035	9 04	16 46	15 48	8 32	14 20
692,5	21 01 57,590	9 07	16 30	15 48	9 31	9 34
693,5	21 05 54,145	9 12	16 13	15 48	10 27	+ 4 16
694,5	21 09 50,700	9 15	15 56	15 48	11 22	- 1 09
695,5	21 13 47,254	9 19	15 39	15 49	12 15	6 22
696,5	21 17 43,809	9 23	15 21	15 49	13 08	11 04
697,5	21 21 40,363	9 27	15 03	15 49	14 00	15 04
698,5	21 25 36,918	9 30	14 45	15 49	14 52	18 12
699,5	21 29 33,472	9 34	14 27	15 49	15 44	20 23
700,5	21 33 30,026	9 38	14 08	15 49	16 37	21 33
701,5	21 37 26,581	9 42	13 49	15 50	17 28	21 42
702,5	21 41 23,135	9 45	13 30	15 50	18 19	20 52
703,5	21 45 19,689	9 49	13 11	15 50	19 09	19 08
704,5	21 49 16,243	9 53	12 54	15 50	19 58	16 34
705,5	21 53 12,797	9 57	12 32	15 50	20 45	13 19
706,5	21 57 09,351	10 00	12 12	15 51	21 31	9 32
707,5	22 01 05,904	10 04	11 52	15 51	22 17	5 20
708,5	22 05 02,458	10 08	11 32	15 51	23 02	- 0 53
709,5	22 08 59,011	10 11	11 12	15 51	23 48	+ 3 39
710,5	22 12 55,565	10 15	10 51	15 51	0 35	8 05
711,5	22 16 52,118	10 19	10 30	15 52	1 24	12 15
712,5	22 20 48,672	10 22	10 09	15 52	2 15	15 55
713,5	22 24 45,225	10 26	9 48	15 52	3 09	18 51
714,5	22 28 41,778	10 30	9 27	15 52	4 06	20 50
715,5	22 32 38,331	10 33	9 06	15 52	5 05	21 37
716,5	22 36 34,884	10 37	+ 8 44	15 53	6 05	+21 04

I. S Z E P T E M B E R

Dátum	A hét napjai	Az év hányadik hete	Az év hányadik napja	Középeurópai zónaidőben					A HOLD fényváltószai
				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	Sz	(36)	245	5 02	11 44	18 25	0 41	16 04	
2	V		246	5 04	11 44	18 24	1 58	16 40	
3	H	37	247	5 05	11 43	18 22	3 18	17 13	
4	K		248	5 06	11 43	18 19	4 38	17 43	☉ 19 57
5	Sz		249	5 07	11 43	18 17	5 57	18 10	
6	Cs		250	5 09	11 42	18 15	7 15	18 38	
7	P		251	5 10	11 42	18 13	8 30	19 07	
8	Sz		252	5 12	11 42	18 11	9 30	19 39	
9	V		253	5 13	11 41	18 09	10 51	20 15	
10	H	38	254	5 14	11 41	18 07	11 54	20 57	
11	K		255	5 15	11 41	18 05	12 51	21 44	
12	Sz		256	5 17	11 40	18 03	13 41	22 36	
13	Cs		257	5 18	11 40	18 01	14 23	23 32	☽ 1 13
14	P		258	5 19	11 40	17 59	14 59	—	
15	Sz		259	5 21	11 39	17 57	15 30	0 32	
16	V		260	5 22	11 39	17 55	15 57	1 38	
17	H	39	261	5 23	11 39	17 53	16 22	2 35	
18	K		262	5 25	11 38	17 51	16 44	3 38	
19	Sz		263	5 26	11 38	17 49	17 07	4 42	
20	Cs		264	5 28	11 38	17 47	17 31	5 47	☉ 4 19
21	P		265	5 29	11 37	17 45	17 56	6 53	
22	Sz		266	5 30	11 37	17 43	18 25	8 01	
23	V		267	5 31	11 37	17 41	18 58	9 10	
24	H	40	268	5 33	11 36	17 39	19 38	10 17	
25	K		269	5 34	11 36	17 36	20 26	11 22	
26	Sz		270	5 36	11 36	17 34	21 24	12 22	
27	Cs		271	5 37	11 35	17 32	22 29	13 15	☽ 12 25
28	P		272	5 39	11 35	17 30	23 42	14 00	
29	Sz		273	5 40	11 35	17 28	—	14 38	
30	V		274	5 41	11 34	17 26	0 58	15 11	

Ősz kezdete : 23-án 2h 36^m-kor

Hold : 3-án 5h-kor földközelen, látszólagos sugara : 16'34'',6

15-én 6h-kor földtávolban, látszólagos sugara : 14'46'',6

H O N A P

0^h viláigidőkor

Julián dátum 2435...	Csillagidő* (λ = 0 -nát)	A NAP			A HOLD	
		rekta- szcenziója	deklina- ciója	látászó- sugara	rekta- szcenziója	deklina- ciója
	h m s	h m	° ′	′ ″	h m	° ′
...717,5	22 40 31,437	10 41	+ 8 23	15 53	7 07	+19 08
718,5	22 44 27,990	10 44	8 01	15 53	8 07	15 55
719,5	22 48 24,543	10 48	7 39	15 53	9 06	11 39
720,5	22 52 21,096	10 51	7 17	15 54	10 03	6 38
721,5	22 56 17,649	10 55	6 55	15 54	10 58	+ 1 17
722,5	23 00 14,202	10 59	6 32	15 54	11 53	— 4 04
723,5	23 04 10,754	11 02	6 10	15 54	12 47	9 04
724,5	23 08 07,307	11 06	5 47	15 54	13 40	13 26
725,5	23 12 03,859	11 10	5 25	15 55	14 34	16 58
726,5	23 16 00,412	11 13	5 02	15 55	15 27	19 31
727,5	23 19 56,964	11 17	4 39	15 55	16 20	21 03
728,5	23 23 53,517	11 20	4 17	15 56	17 13	21 31
729,5	23 27 50,069	11 24	3 54	15 56	18 05	20 59
730,5	23 31 46,622	11 27	3 31	15 56	18 55	19 30
731,5	23 35 43,174	11 31	3 08	15 56	19 44	17 12
732,5	23 39 39,726	11 35	2 44	15 57	20 32	14 11
733,5	23 43 36,279	11 38	2 21	15 57	21 18	10 34
734,5	23 47 32,831	11 42	1 58	15 57	22 04	6 30
735,5	23 51 29,383	11 45	1 35	15 57	22 50	— 2 08
736,5	23 55 25,935	11 49	1 12	15 58	23 36	+ 2 24
737,5	23 59 22,488	11 53	0 48	15 58	0 23	6 53
738,5	0 03 19,040	11 56	0 25	15 58	1 12	11 09
739,5	0 07 15,592	12 00	+ 0 02	15 58	2 03	14 57
740,5	0 11 12,144	12 03	— 0 22	15 59	2 57	18 04
741,5	0 15 08,697	12 07	0 45	15 59	3 53	20 15
742,5	0 19 05,249	12 11	1 09	15 59	4 51	21 18
743,5	0 23 01,801	12 14	1 32	15 59	5 50	21 06
744,5	0 26 58,353	12 18	1 55	16 00	6 50	19 35
745,5	0 30 54,905	12 21	2 19	16 00	7 48	16 50
746,5	0 34 51,458	12 25	— 2 42	16 00	8 46	+13 02

I. OKTÓBER

Dátum	A hét napjai	Az év hányadik hete	Az év hányadik napja	Középeurópai zónaidőben					A HOLD fényváltásai
				Budapesten					
				A NAP			A HOLD		
				kel	delel	nyug-szik	kel	nyug-szik	
			h m	h m	h m	h m	h m	h m	
1	H	41	275	5 42	11 34	17 24	2 15	15 41	
2	K		276	5 43	11 34	17 22	3 32	16 09	
3	Sz		277	5 44	11 33	17 20	4 50	16 36	
4	Cs		278	5 46	11 33	17 18	6 05	17 05	☉ 5 24
5	P		279	5 48	11 33	17 17	7 19	17 36	
6	Sz		280	5 49	11 32	17 15	8 30	18 11	
7	V		281	5 51	11 32	17 13	9 38	18 51	
8	H	42	282	5 52	11 32	17 11	10 39	19 36	
9	K		283	5 54	11 31	17 09	11 32	20 27	
10	Sz		284	5 55	11 31	17 07	12 18	21 33	
11	Cs		285	5 57	11 31	17 05	12 56	22 21	☾ 19 44
12	P		286	5 58	11 31	17 03	13 29	23 21	
13	Sz		287	5 59	11 30	17 01	13 58	—	
14	V		288	6 01	11 30	16 59	14 23	0 23	
15	H	43	389	6 02	11 30	16 57	14 47	1 25	
16	K		290	6 04	11 30	16 55	15 10	2 28	
17	Sz		291	6 05	11 30	16 54	15 33	3 33	
18	Cs		292	6 06	11 29	16 52	15 58	4 39	
19	P		293	6 08	11 29	16 50	16 26	5 47	☉ 18 24
20	Sz		294	6 09	11 29	16 48	16 59	6 57	
21	V		295	6 11	11 29	16 46	17 37	8 06	
22	H	44	296	6 13	11 29	16 44	18 23	9 14	
23	K		297	6 14	11 28	16 42	19 19	10 16	
24	Sz		298	6 16	11 28	16 41	20 23	11 12	
25	Cs		299	6 17	11 28	16 39	21 32	11 59	
26	P		300	6 18	11 28	16 37	22 46	12 39	☾ 10 02
27	Sz		301	6 20	11 28	16 36	—	13 13	
28	V		302	6 21	11 28	16 35	0 01	13 43	
29	H	45	303	6 23	11 28	16 33	1 16	14 10	
30	K		304	6 24	11 28	16 31	2 31	14 37	
31	Sz		305	6 25	11 28	16 29	3 45	15 04	

Hold: 1-én 3h-kor földközélen, látszólagos sugara: 16'21'',1

12-én 24h-kor földtávolban, látszólagos sugara: 14'49'',3

27-én 7h-kor földközélen, látszólagos sugara: 16'10'',2

H Ó N A P

0^h világitdőkör

Julián dátum 2435...	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	° ′
... 747,5	0 38 48,010	12 29	— 3 05	16 01	9 42	+ 8 26
748,5	0 42 44,562	12 32	3 29	16 01	10 37	+ 3 21
749,5	0 46 41,115	12 36	3 52	16 01	11 31	— 1 54
750,5	0 50 37,667	12 39	4 15	16 01	12 24	7 00
751,5	0 54 34,220	12 43	4 38	16 02	13 18	11 37
752,5	0 58 30,772	12 47	5 01	16 02	14 12	15 30
753,5	1 02 27,324	12 50	5 24	16 02	15 06	18 28
754,5	1 06 23,877	12 54	5 47	16 02	16 01	20 24
755,5	1 10 20,430	12 58	6 10	16 03	16 55	21 15
756,5	1 14 16,982	13 01	6 33	16 03	17 47	21 02
757,5	1 18 13,535	13 05	6 56	16 03	18 39	19 51
758,5	1 22 10,088	13 09	7 18	16 04	19 28	17 49
759,5	1 26 06,640	13 12	7 41	16 04	20 16	15 01
760,5	1 30 03,193	13 16	8 03	16 04	21 03	11 37
761,5	1 33 59,746	13 20	8 26	16 04	21 49	7 44
762,5	1 37 56,299	13 24	8 48	16 05	22 34	— 3 29
763,5	1 41 52,852	13 27	9 10	16 05	23 20	+ 0 58
764,5	1 45 49,405	13 31	9 32	16 05	0 08	5 29
765,5	1 49 45,958	13 35	9 54	16 06	0 56	9 51
766,5	1 53 42,511	13 39	10 15	16 06	1 48	13 50
767,5	1 57 39,065	13 42	10 37	16 06	2 42	17 12
768,5	2 01 35,618	13 46	10 58	16 06	3 38	19 40
769,5	2 05 32,172	13 50	11 19	16 07	4 37	21 01
770,5	2 09 28,725	13 54	11 40	16 07	5 37	21 06
771,5	2 13 25,279	13 58	12 01	16 07	6 36	19 51
772,5	2 17 21,833	14 01	12 21	16 07	7 35	17 23
773,5	2 21 18,386	14 05	12 42	16 08	8 32	13 53
774,5	2 25 14,940	14 09	13 02	16 08	9 27	9 34
775,5	2 29 11,494	14 13	13 22	16 08	10 21	+ 4 45
776,5	2 33 08,048	14 17	13 42	16 08	11 13	— 0 19
777,5	2 37 04,602	14 21	—14 02	16 09	12 06	— 5 20

I. NOVEMBER

Dátum	A hét napjai	Az év hányadik hete	Az év hányadik napja	Középeurópai zónaidőben					A HOLD fényváltószásai
				Budapesten					
				A NAP			A HOLD		
				kel	delel	nyug-szik	kel	nyug-szik	
				h m	h m	h m	h m	h m	
1	Cs	(45)	306	6 27	11 28	16 28	4 58	15 34	
2	P		307	6 29	11 28	16 26	6 10	16 06	☉ 17 43
3	Sz		308	6 30	11 28	16 25	7 19	16 45	
4	V		309	6 32	11 28	16 23	8 23	17 27	
5	H	46	310	6 34	11 28	16 22	9 20	18 17	
6	K		311	6 35	11 28	16 20	10 10	19 11	
7	Sz		312	6 36	11 28	16 19	10 52	20 09	
8	Cs		313	6 38	11 28	16 18	11 28	21 09	
9	P		314	6 40	11 28	16 17	11 58	22 10	
10	Sz		315	6 41	11 28	16 15	12 29	23 11	☾ 16 09
11	V		316	6 42	11 28	16 13	12 48	—	
12	H	47	317	6 44	11 28	16 12	13 12	0 14	
13	K		318	6 45	11 28	16 11	13 34	1 17	
14	Sz		319	6 47	11 28	16 10	13 58	2 22	
15	Cs		320	6 48	11 29	16 08	14 24	3 28	
16	P		321	6 50	11 29	16 07	14 54	4 37	
17	Sz		322	6 52	11 29	16 06	15 31	5 47	
18	V		323	6 53	11 29	16 05	16 15	6 57	☉ 7 44
19	H	48	324	6 55	11 29	16 05	17 08	8 04	
20	K		325	6 56	11 30	16 04	18 21	9 05	
21	Sz		326	6 57	11 30	16 03	19 21	9 56	
22	Cs		327	6 58	11 30	16 02	20 36	10 39	
23	P		328	7 00	11 30	16 01	21 52	11 15	
24	Sz		329	7 01	11 31	16 00	23 07	11 46	
25	V		330	7 03	11 31	15 59	—	12 14	☾ 2 12
26	H	49	331	7 04	11 31	15 58	0 21	12 40	
27	K		332	7 06	11 32	15 58	1 33	13 07	
28	Sz		333	7 07	11 32	15 57	2 45	13 35	
29	Cs		334	7 08	11 33	15 57	3 56	14 06	
30	P		335	7 09	11 33	15 56	5 05	14 41	

Hold : 9-én 20-hkor földtávolban, látszólagos sugara : 14'48'',8
 21-én 18-hkor földközélen, látszólagos sugara : 16'17'',9

H Ó N A P

0 ^h világidőkor						
Julián dátum 2435...	Csillagldő* (λ = 0°-nál)	A NAP			A HOLD	
		rekta- szcenziója	dekliná- ciója	látszó- sugara	rekta- szcenziója	dekliná- ciója
	h m s	h m	° ′	′ ″	h m	° ′
...778,5	2 41 01,157	14 25	—14 21	16 09*	12 58	—10 01
779,5	2 44 57,711	14 29	14 40	16 09	13 52	14 07
780,5	2 48 54,266	14 33	14 59	16 09	14 46	17 24
781,5	2 52 50,820	14 36	15 18	16 10	15 40	19 43
782,5	2 56 47,375	14 40	15 37	16 10	16 35	20 58
783,5	3 00 43,929	14 44	15 55	16 10	17 28	21 08
784,5	3 04 40,484	14 48	16 13	16 10	18 21	20 16
785,5	3 08 37,039	14 52	16 30	16 11	19 11	18 29
786,5	3 12 33,594	14 56	16 48	16 11	20 00	15 55
787,5	3 16 30,149	15 00	17 05	16 11	20 47	12 43
788,5	3 20 26,705	15 04	17 22	16 11	21 33	9 01
789,5	3 24 23,260	15 09	17 38	16 12	22 18	4 56
790,5	3 28 19,815	15 13	17 54	16 12	23 03	— 0 36
791,5	3 32 16,371	15 17	18 10	16 12	23 50	+ 3 53
792,5	3 36 12,927	15 21	18 26	16 12	0 38	8 16
793,5	3 40 09,482	15 25	18 41	16 12	1 28	12 24
794,5	3 44 06,038	15 29	18 56	16 13	2 21	16 03
795,5	3 48 02,594	15 33	19 10	16 13	3 18	18 54
796,5	3 51 59,150	15 37	19 24	16 13	4 17	20 41
797,5	3 55 55,706	15 42	19 38	16 13	5 18	21 10
798,5	3 59 52,262	15 46	19 52	16 13	6 20	20 17
799,5	4 03 48,819	15 50	20 05	16 14	7 20	18 04
800,5	4 07 45,375	15 54	20 18	16 14	8 19	14 44
801,5	4 11 41,932	15 58	20 30	16 14	9 15	10 33
802,5	4 15 38,488	16 03	20 42	16 14	10 09	5 49
803,5	4 19 35,045	16 07	20 54	16 14	11 01	+ 0 50
804,5	4 23 31,601	16 11	21 05	16 15	11 52	— 4 08
805,5	4 27 28,158	16 15	21 16	16 15	12 44	8 49
806,5	4 31 24,715	16 20	21 26	16 15	13 36	13 00
807,5	4 35 21,272	16 24	—21 37	16 15	14 29	—16 29

I. DECEMBER

Dátum	A hét napjai	Az év hányadik hete	Az év hányadik napja	Középeurópai zónaidőben					A HOLD fényváltásai
				Budapesten					
				A NAP			A HOLD		
				kel	delel	nyug-szik	kel	nyug-szik	
			h m	h m	h m	h m	h m	h m	
1	Sz	(49)	336	7 10	11 33	15 55	6 10	15 21	
2	V		337	7 12	11 33	15 55	7 10	16 08	☉ 9 12
3	H	50	338	7 13	11 34	15 54	8 02	17 00	
4	K		339	7 14	11 34	15 54	8 48	17 57	
5	Sz		340	7 15	11 34	15 53	9 26	18 57	
6	Cs		341	7 17	11 35	15 53	9 59	19 57	
7	P		342	7 18	11 35	15 53	10 26	20 58	
8	Sz		343	7 19	11 36	15 53	10 51	22 00	
9	V		344	7 20	11 36	15 53	11 14	23 02	
10	H	51	345	7 21	11 37	15 53	11 37	—	☾ 12 51
11	K		346	7 21	11 37	15 53	11 59	0 05	
12	Sz		347	7 22	11 38	15 53	12 23	1 09	
13	Cs		348	7 23	11 38	15 53	12 51	2 15	
14	P		349	7 24	11 38	15 53	13 23	3 24	
15	Sz		350	7 25	11 39	15 54	14 03	4 34	
16	V		351	7 26	11 39	15 54	14 52	5 43	
17	H	52	352	7 26	11 40	15 54	15 52	6 47	☉ 20 06
18	K		353	7 27	11 40	15 54	17 01	7 45	
19	Sz		354	7 28	11 41	15 55	18 17	8 34	
20	Cs		355	7 28	11 41	15 55	19 35	9 14	
21	P		356	7 29	11 42	15 55	20 53	9 48	
22	Sz		357	7 29	11 42	15 55	22 09	10 18	
23	V		358	7 30	11 43	15 56	23 24	10 43	
24	H	53	359	7 30	11 43	15 57	—	11 12	☾ 11 10
25	K		360	7 31	11 44	15 58	0 37	11 40	
26	Sz		361	7 31	11 44	15 58	1 47	12 09	
27	Cs		362	7 31	11 45	15 59	2 56	12 42	
28	P		363	7 31	11 45	16 00	4 01	13 20	
29	Sz		364	7 32	11 46	16 00	5 02	14 03	
30	V		365	7 32	11 46	16 01	5 57	14 53	
31	H	54	366	7 33	11 47	16 02	6 45	15 48	

Tél kezdete : 21-én 21h 00m-kor.

Hold : 7-én 17h-kor földtávolban, látszólagos sugara : 14'46'',6

19-én 14h-kor földközelen, látszólagos sugara : 16'33'',2

H Ó N A P

0 ^h világidőkor						
Julián dátum 2435...	Csillagidő* (λ = 0 -nál)	A NAP			A HOLD	
		rekta- szencziója	dekliná- ciója	látszó- sugara	rekta- szencziója	dekliná- ciója
	h m s	h m	° ' "	° ' "	h m	° ' "
...808,5	4 39 17,829	16 28	—21 46	16 15	15 22	—19 05
809,5	4 43 14,386	16 33	21 55	16 15	16 16	20 40
810,5	4 47 10,943	16 37	22 04	16 15	17 10	21 12
811,5	4 51 07,500	16 41	22 13	16 16	18 03	20 40
812,5	4 55 04,058	16 46	22 21	16 16	18 55	19 11
813,5	4 59 00,615	16 50	22 28	16 16	19 44	16 52
814,5	5 02 57,172	16 54	22 35	16 16	20 32	13 51
815,5	5 06 53,730	16 59	22 42	16 16	21 18	10 19
816,5	5 10 50,287	17 03	22 48	16 16	22 03	6 22
817,5	5 14 46,845	17 07	22 54	16 16	22 48	— 2 09
818,5	5 18 43,402	17 12	22 59	16 17	23 33	+ 2 12
819,5	5 22 39,960	17 16	23 04	16 17	0 19	6 33
820,5	5 26 36,517	17 21	23 08	16 17	1 07	10 45
821,5	5 30 33,075	17 25	23 12	16 17	1 58	14 34
822,5	5 34 29,633	17 30	23 16	16 17	2 53	17 46
823,5	5 38 26,190	17 34	23 18	16 17	3 51	20 03
824,5	5 42 22,748	17 38	23 21	16 17	4 52	21 08
825,5	5 46 19,306	17 43	23 23	16 17	5 55	20 49
826,5	5 50 15,864	17 47	23 25	16 17	6 58	19 04
827,5	5 54 12,422	17 52	23 26	16 17	7 59	16 01
828,5	5 58 08,979	17 56	23 26	16 17	8 58	11 57
829,5	6 02 05,537	18 01	23 27	16 18	9 54	7 12
830,5	6 06 02,095	18 05	23 26	16 18	10 48	+ 2 09
831,5	6 09 58,653	18 09	23 26	16 18	11 41	— 2 55
832,5	6 13 55,211	18 14	23 24	16 18	12 32	7 43
833,5	6 17 51,768	18 18	23 23	16 18	13 24	12 02
834,5	6 21 48,326	18 23	23 20	16 18	14 16	15 40
835,5	6 25 44,884	18 27	23 18	16 18	15 09	18 28
836,5	6 29 41,442	18 32	23 15	16 18	16 02	20 19
837,5	6 33 37,999	18 36	23 11	16 18	16 55	21 09
838,5	6 37 34,557	18 40	—23 07	16 18	17 48	—20 56

II. A szabadszemmel látható bolygók koordinátái

Dátum		MERKUR			VÉNUSZ			MARS		
		Rekta- szencziója	Dekli-ná- ciója	Látzó- sugara	Rekta- szencziója	Dekli-ná- ciója	Látzó- sugara	Rekta- szencziója	Dekli-ná- ciója	Látzó- sugara
1956		h m	°	"	h m	°	"	h m	°	"
Jan.	1	19 49	—23 10	2 73	20 50	—19 34	6 07	15 17	—17 33	2 24
	6	20 20	21 14	2 97	21 15	17 48	6 18	15 30	18 25	2 28
	11	20 46	18 54	3 34	21 39	15 50	6 30	15 43	19 13	2 33
	16	21 01	16 39	3 85	22 03	13 41	6 43	15 57	19 58	2 38
	21	20 59	15 11	4 48	22 26	11 24	6 57	16 11	20 39	2 43
	26	20 41	15 06	4 98	22 49	8 59	6 72	16 24	21 16	2 49
31	20 15	16 06	5 04	23 12	6 29	6 88	16 38	21 49	2 55	
Febr.	5	19 59	17 23	4 72	23 34	3 55	7 05	16 52	22 18	2 61
	10	19 57	18 23	4 28	23 55	— 1 18	7 24	17 06	22 42	2 68
	15	20 07	18 56	3 87	0 17	+ 1 20	7 44	17 21	23 02	2 74
	20	20 24	18 58	3 53	0 38	3 57	7 66	17 35	23 18	2 82
	25	20 46	18 26	3 26	1 00	6 32	7 90	17 49	23 29	2 89
Márc.	1	21 12	17 22	3 02	1 21	9 03	8 16	18 03	23 35	2 98
	6	21 40	15 46	2 86	1 42	11 29	8 45	18 18	23 37	3 06
	11	22 09	13 37	2 76	2 04	13 50	8 76	18 32	23 34	3 15
	16	22 39	10 56	2 65	2 25	16 02	9 11	18 46	23 26	3 25
	21	23 10	7 46	2 57	2 47	18 06	9 49	19 00	23 14	3 36
	26	23 43	— 4 06	2 51	3 08	19 59	9 91	19 14	22 58	3 46
	31	0 17	+ 0 01	2 48	3 30	21 41	10 37	19 28	22 38	3 58
Ápr.	5	0 53	4 30	2 49	3 52	23 11	10 89	19 42	22 13	3 70
	10	1 31	9 09	2 55	4 13	24 28	11 47	19 56	21 45	3 83
	15	2 09	13 40	2 68	4 34	25 31	12 12	20 10	21 14	3 97
	20	2 46	17 38	2 90	4 55	26 21	12 84	20 23	20 39	4 11
	25	3 21	20 41	3 23	5 14	26 56	13 67	20 36	20 01	4 27
	30	3 49	22 42	3 65	5 33	27 19	14 59	20 50	19 21	4 42
Máj.	5	4 11	23 43	4 16	5 50	27 28	15 64	21 02	18 38	4 60
	10	4 24	23 47	4 74	6 06	27 26	16 84	21 15	17 54	4 78
	15	4 28	23 03	5 32	6 19	27 13	18 18	21 27	17 08	4 97
	20	4 24	21 37	5 88	6 29	26 51	19 69	21 39	16 21	5 18
	25	4 15	19 46	6 06	6 36	26 21	21 34	21 51	15 33	5 40
	30	4 04	17 58	6 02	6 40	25 43	23 13	22 03	14 44	5 63
Jún.	5	3 56	16 31	5 61	6 38	24 49	25 30	22 16	13 47	5 93
	10	3 57	16 13	5 11	6 32	23 55	26 96	22 27	13 00	6 20
	15	4 05	16 44	4 57	6 22	22 55	28 27	22 37	12 14	6 48
	20	4 20	17 54	4 07	6 09	21 49	28 97	22 47	11 30	6 79
	25	4 41	19 28	3 62	5 56	20 42	28 92	22 56	10 48	7 11
	30	5 10	+21 11	3 24	5 44	+19 40	28 13	23 05	10 09	7 45

és látszólagos sugara 0^h világitdör

Dátum	JUPITER			SZATURNUSZ			URÁNUSZ			
	Rekta- szencziója	Dekliná- ciója	Látszó- sugara	Rekta- szencziója	Dekliná- ciója	Látszó- sugara	Rekta- szencziója	Dekliná- ciója	Látszó- sugara	
1956	h m	° ' "	''	h m	° ' "	''	h m	° ' "	''	
Jan.	1	10 14	+12 00	19 60	15 48	-18 00	6 99	8 14	+20 29	1 94
	6	10 13	12 07	19 85	15 50	18 05	7 03	8 13	20 31	1 94
	11	10 12	12 15	20 08	15 52	18 11	7 07	8 12	20 34	1 95
	16	10 11	12 25	20 30	15 54	18 16	7 11	8 11	20 37	1 95
	21	10 09	12 36	20 49	15 56	18 20	7 16	8 11	20 40	1 95
	26	10 07	12 48	20 65	15 57	18 24	7 21	8 10	20 43	1 95
	31	10 05	13 01	20 79	15 59	18 28	7 26	8 09	20 46	1 95
Febr.	5	10 02	13 14	20 89	16 00	18 31	7 32	8 08	20 48	1 94
	10	10 00	13 28	20 95	16 01	18 33	7 38	8 08	20 51	1 94
	15	9 57	13 43	20 98	16 02	18 35	7 44	8 06	20 53	1 94
	20	9 55	13 56	20 97	16 03	18 37	7 50	8 05	20 56	1 93
	25	9 52	14 10	20 92	16 04	18 38	7 56	8 05	20 58	1 93
Márc.	1	9 50	14 23	20 83	16 04	18 38	7 63	8 04	20 59	1 92
	6	9 47	14 35	20 71	16 05	18 38	7 69	8 03	21 01	1 92
	11	9 45	14 46	20 56	16 05	18 38	7 76	8 03	21 02	1 91
	16	9 43	14 56	20 38	16 05	18 37	7 82	8 03	21 03	1 90
	21	9 42	15 04	20 18	16 05	18 36	7 88	8 02	21 04	1 89
	26	9 40	15 11	19 95	16 04	18 34	7 94	8 02	21 05	1 89
	31	9 39	15 17	19 71	16 04	18 31	8 00	8 02	21 05	1 88
Ápr.	5	9 38	15 21	19 45	16 03	18 29	8 06	8 02	21 05	1 87
	10	9 37	15 23	19 18	16 02	18 26	8 11	8 02	21 05	1 86
	15	9 37	15 24	18 91	16 01	18 22	8 15	8 02	21 05	1 85
	20	9 37	15 24	18 63	16 00	18 19	8 20	8 02	21 04	1 85
	25	9 37	15 22	18 35	15 59	18 15	8 23	8 02	21 03	1 84
	30	9 38	15 18	18 07	15 57	18 11	8 26	8 03	21 01	1 83
Máj.	5	9 39	15 13	17 80	15 56	18 06	8 29	8 03	21 00	1 82
	10	9 40	15 07	17 53	15 55	18 02	8 31	8 04	20 58	1 81
	15	9 41	14 59	17 27	15 53	17 57	8 32	8 05	20 56	1 81
	20	9 43	14 50	17 01	15 51	17 53	8 32	8 05	20 54	1 80
	25	9 45	14 40	16 77	15 50	17 48	8 32	8 06	20 51	1 79
	30	9 47	14 28	16 54	15 48	17 44	8 31	8 07	20 48	1 79
Jún.	5	9 50	14 43	16 27	15 47	17 39	8 29	8 08	20 45	1 78
	10	9 52	13 59	16 06	15 45	17 35	8 27	8 09	20 42	1 77
	15	9 55	13 44	15 86	15 44	17 31	8 24	8 10	20 38	1 77
	20	9 58	13 28	15 68	15 43	17 28	8 20	8 11	20 35	1 77
	25	10 01	13 11	15 50	15 42	17 25	8 16	8 13	20 31	1 76
	30	10 04	+12 53	15 35	15 41	-17 23	8 10	8 14	+20 28	1 76

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
1956	h m	° ' "	"	h m	° ' "	"	h m	° ' "	"
Júl. 6	5 54	+22 54	2 88	5 35	+18 42	26 45	23 15	- 9 28	7 89
11	6 36	23 37	2 67	5 29	18 11	24 73	23 22	8 58	8 28
16	7 22	23 18	2 55	5 29	17 55	22 94	23 29	8 33	8 68
21	8 08	21 52	2 50	5 33	17 53	21 19	23 34	8 13	9 10
26	8 51	19 31	2 50	5 39	18 01	19 57	23 39	7 59	9 55
31	9 30	16 32	2 55	5 49	18 16	18 10	23 43	7 51	9 99
Aug. 5	10 05	13 11	2 63	6 02	18 32	16 79	23 45	7 50	10 44
10	10 36	9 40	2 74	6 16	18 48	15 63	23 46	7 56	10 89
15	11 04	6 08	2 88	6 32	19 01	14 60	23 46	8 07	11 31
20	11 29	+ 2 42	3 05	6 49	19 07	13 69	23 44	8 25	11 68
25	11 51	- 0 31	3 25	7 08	19 05	12 87	23 42	8 46	11 99
30	12 10	3 27	3 45	7 28	18 54	12 16	23 38	9 11	12 22
Szept. 5	12 28	6 20	3 86	7 53	18 27	11 39	23 32	9 41	12 36
10	12 37	7 57	4 23	8 14	17 51	10 83	23 27	10 04	12 36
15	12 38	8 29	4 65	8 35	17 05	10 32	23 21	10 23	12 24
20	12 30	7 30	5 01	8 57	16 05	9 86	23 16	10 36	12 00
25	12 14	4 51	5 15	9 19	14 54	9 45	23 12	10 42	11 67
30	11 57	- 1 22	4 88	9 41	13 31	9 08	23 08	10 40	11 27
Okt. 5	11 50	+ 1 10	4 29	10 04	11 58	8 73	23 05	10 30	10 81
10	11 58	1 37	3 67	10 26	10 16	8 42	23 04	10 12	10 32
15	12 18	+ 0 08	3 18	10 48	8 24	8 13	23 04	9 47	9 82
20	12 45	- 2 37	2 85	11 10	6 26	7 87	23 05	9 15	9 32
25	13 14	5 56	2 63	11 32	4 21	7 63	23 07	8 36	8 82
30	13 45	9 22	2 48	11 54	+ 2 10	7 41	23 11	7 53	8 35
Nov. 5	14 22	13 21	2 38	12 21	- 0 30	7 17	23 16	6 54	7 81
10	14 54	16 22	2 33	12 43	2 46	6 98	23 21	6 00	7 39
15	15 25	19 04	2 31	13 06	5 02	6 80	23 27	5 03	7 00
20	15 58	21 22	2 31	13 29	7 17	6 64	23 34	4 03	6 63
25	16 30	23 13	2 33	13 52	9 29	6 50	23 42	3 00	6 29
30	17 04	24 35	2 39	14 15	11 37	6 36	23 50	1 54	5 98
Dec. 5	17 38	25 26	2 47	14 39	13 38	6 23	23 58	- 0 46	5 68
10	18 11	25 41	2 58	15 03	15 32	6 12	0 07	+ 0 23	5 41
15	18 44	25 20	2 75	15 28	17 16	6 00	0 16	1 33	5 16
20	19 15	24 22	2 99	15 54	18 49	5 90	0 26	2 45	4 92
25	19 40	22 55	3 35	16 19	20 10	5 80	9 36	3 57	4 71
30	19 56	-21 13	3 84	16 46	-21 16	5 71	0 46	+ 5 10	4 50

és látszólagos sugara 0^h vi'ágidőkor

Dátum	JUPITER			SZATURNUSZ			URÁNUSZ		
	Rekta- szencziója	Dekliná- ciója	Látszó- sugara	Rekta- szencziója	Dekliná- ciója	Látszó- sugara	Rekta- szencziója	Dekliná- ciója	Látszó- sugara
1956	h m	° ' "	"	h m	° ' "	"	h m	° ' "	"
Júl. 6	10 09	+12 30	15 16	15 39	-17 21	8 05	8 15	+20 23	1 76
11	10 12	12 11	15 02	15 39	17 19	8 00	8 16	20 19	1 75
16	10 16	11 50	14 90	15 38	17 19	7 94	8 18	20 15	1 75
21	10 19	11 29	14 79	15 38	17 18	7 88	8 19	20 11	1 75
26	10 23	11 08	14 69	15 37	17 19	7 82	8 20	20 07	1 75
31	10 27	10 46	14 60	15 37	17 20	7 75	8 22	20 02	1 75
Aug. 5	10 31	10 23	14 52	15 37	17 21	7 69	8 23	19 58	1 75
10	10 35	10 00	14 46	15 38	17 23	7 63	8 24	19 54	1 75
15	10 39	9 36	14 40	15 38	17 26	7 56	8 25	19 50	1 76
20	10 43	9 12	14 36	15 39	17 29	7 50	8 26	19 46	1 76
25	10 47	8 48	14 33	15 39	17 33	7 44	8 28	19 42	1 76
30	10 51	8 24	14 31	15 40	17 37	7 38	8 29	19 38	1 77
Szept. 5	10 56	7 54	14 31	15 42	17 43	7 31	8 30	19 33	1 77
10	11 00	7 29	14 32	15 43	17 48	7 25	8 31	19 30	1 78
15	11 04	7 05	14 33	15 44	17 53	7 20	8 32	19 27	1 78
20	11 08	6 40	14 36	15 46	17 59	7 15	8 33	19 23	1 79
25	11 12	6 16	14 41	15 47	18 05	7 10	8 34	19 20	1 80
30	11 16	5 51	14 46	15 49	18 12	7 05	8 35	19 18	1 80
Okt. 5	11 20	5 27	14 53	15 51	18 18	7 01	8 35	19 15	1 81
10	11 23	5 03	14 61	15 53	18 25	6 97	8 36	19 13	1 82
15	11 27	4 40	14 70	15 55	18 32	6 94	8 37	19 11	1 83
20	11 31	4 17	14 80	15 57	18 39	6 90	8 37	19 10	1 83
25	11 34	3 55	14 92	15 59	18 46	6 88	8 38	19 08	1 84
30	11 38	3 33	15 05	16 01	18 53	6 85	8 38	19 07	1 85
Nov. 5	11 42	3 09	15 22	16 04	19 02	6 83	8 38	19 07	1 86
10	11 45	2 49	15 37	16 06	19 09	6 81	8 38	19 07	1 87
15	11 48	2 30	15 54	16 09	19 16	6 80	8 38	19 07	1 88
20	11 51	2 12	15 72	16 11	19 22	6 79	8 38	19 07	1 89
25	11 54	1 56	15 92	16 14	19 29	6 79	8 38	19 08	1 89
30	11 56	1 40	16 12	16 16	19 36	6 79	8 38	19 09	1 90
Dec. 5	11 59	1 26	16 34	16 19	19 42	6 79	8 37	19 11	1 91
10	12 01	1 14	16 57	16 21	19 48	6 80	8 37	19 13	1 92
15	12 03	1 03	16 86	16 24	19 54	6 81	8 36	19 15	1 92
20	12 04	0 53	17 06	16 26	19 59	6 83	8 36	19 17	1 93
25	12 06	0 45	17 32	16 28	20 05	6 85	8 35	19 20	1 94
30	12 07	+ 0 39	17 58	16 31	-20 10	6 87	8 34	+19 23	1 94

III/a. Juipter holdak helyzetei

Hónap	Január		Február	
	A holdak a bolygó			
	nyugati oldalán	keleti oldalán	nyugati oldalán	keleti oldalán
Dátum	2 ^h 05 ^m		1 ^h 15 ^m	
1	4. 3.	1.	4. . 1	. 2 . 3
2	. 4 . 2 . 1		4.	1 . 3.
3	. 4	1 . 2 . 3	. 4 . 2 . 3	1.
4		2 . 3.	. 4 3.	. 2
5	2 . 1.	3 . 4	. 3 . 4	. 1 2.
6	3 . 2	. 1 . 4	2 . 3 1 . 4	
7	3 . 1.	. 2 . 4	. 2	. 3 . 4 . 1
8	. 8	. 2 . 1 4.	1.	. 2 . 3 . 4
9	. 2 . 1	. 3 4.	2.	1 . 2 . 4
10		1 . 2 . 3 4.	. 2 . 1	3 . 4
11		. 1 2 . 3 . 4.	3.	1 . 2 . 4.
12	2.	4 . 3.	3.	2 . 4.
13	. 2 3 . 4.	. 1	. 3 2 . 1.	4.
14	3 . 4 . 1.	. 2	. 2	. 3 . 1 4.
15	4. . 3	2 . 1	1 . 4.	. 2 . 3
16	4 . 2 . 1 . 3		4.	2 . 1 . 3.
17	. 4	1 . 3	4 . 2 . 1	3.
18	. 4 . 1	2 . 3	4 . 3.	1.
19	. 4 2 . 1.	3.	4 . 3.	. 1 2.
20	. 4 2 3.	. 1	. 4 . 3 2 . 1.	
21	3 . 1.	. 2	. 4 . 2	. 1
22	. 3	2 . 1 . 4	. 4 1.	. 2 . 3
23	2 . 1 . . 3	. 4		. 1 2 . 1 3.
24		1 . 3 . 4	2 . 1	3 . 4
25	. 1	2 . 3 . 4	3.	1 . 4
26	2.	1 . 3 . 4.	3 . 1	2 . 4
27	. 2	4.	. 3 2.	. 4
28	3 . 1.	. 2 4.	. 2	. 3 . 1 4.
29	. 3	4 . 2 . 1	1.	. 2 . 3 4.
30	2 . 4 . 1 . . 3			
31	4.	. 2 1 . . 3		

III/a. Jupiter holdak helyzetei

Hónap	Március		Április	
	A holdak a bolygó		A holdak a bolygó	
	nyugati oldalán	keleti oldalán	nyugati oldalán	keleti oldalán
Dátum	0 ^h 15 ^m		23 ^h 30 ^m	
1	2. 1.	4. 3.	3.	2. - 1. 4.
2	4. 3. - 2	1.	- 32. - 1	4.
3	4. 3. - 1	- 2	- 2	1. 4.
4	4. - 3 2.	1.	4. - 1	- 2. 3
5	4. - 2. 3		4. 2.	3.
6	- 4 1.	- 2. 3	4. - 2	- 13.
7	- 4	- 1 2. - 3	4. 3. 1.	- 2
8	- 4 2. 1.	- 3.	- 4 3. .	2. - 1
9	- 4 - 23.	1.	- 4 - 3 2. - 1	
10	3. - 1	- 2	- 4 - 2	- 3 1.
11	. 3	1. - 4	- 4. - 1	- 2. 3
12	. 2. 3	- 1 - 4	1.	- 4 3.
13		- 2. 3 - 4	- 2	3. - 4
14		- 1 2. - 3 4.	3. 1.	- 2 - 4
15	2. 1.	3. 4.	3.	- 12. - 4
16	- 2	- 1 4.	- 3 2. 1.	- 4
17	2. - 1	- 24.	- 2. 3	1. 4.
18	- 3 4.	2. 1.	- 1	- 2. 3 4.
19	- 2 4. - 3. 1		2.	1. 4. - 3
20	4. 1.	- 3	- 2	4. 3.
21	4.	2. - 3	4. 3. 1.	
22	4. 2. 1.	3.	4, 3.	- 1 2.
23	- 4 - 2	3. - 1	4. - 3 2. 1.	
24	- 4 3. 1.	- 2	4. - 2. 3	- 1
25	- 3 - 4	2. 1.	- 4. - 1	- 3. 2
26	2. - 3. 4. 1		- 4	2. 1. - 3
27		1. - 3 - 4	- 4 2. - 1	3.
28		2. - 3. 4	- 4	
29	2. 1.	3. - 4	3.	- 4. 1 2.
30	- 2	3. - 1 - 4	- 3 1. 2.	- 4
31	3. 1.	- 2 4.		

III/a. Jupiter holdak helyzetei

Hónap	Május		Június	
	A holdak a bolygó			
	nyugati oldalon	keleti oldalon	nyugati oldalon	keleti oldalon
Dátum	23 ^h 00		22 ^h 15	
1	. 2 . 3	. 1 . . 4	1 . 2 . . 4	. 3
2	1 .	. 3 . 2 . 4	2	. 1 . 43 .
3		1 . 2 . . 3 . 4	. 1 3 .	. 2 . 4
4	2 . . 1	3 . 4 .	3 .	1 . 2 . . 4
5	. 1 3 .	2 . . . 4 .	. 3 2 . . 1	. . 4
6	3 .	4 . . 2 .	. 3 . 2	4 .
7	. 3 . 1 . 4 . 2 .			. 1 . 3 . 2 . 4 .
8	4 . . 32 .	. 1	1 . 2 .	4 . . 3
9	4 . . 1 .	. 2	. 2	4 . . 1 3 .
10	4 .	1 . 2 . . 3	. 1 4 .	. 2
11	4 . 2 . . 1	3 .	4 . 3 .	1 . 2 .
12	. 4 . . 2	1 . 3 .	4 . . 3 2 . . 1	
13	. 4 3 .	. 1 . 2 .	4 . . 3 . 2 1 .	
14	3 . . 4 1 .		. 4	. 3 . 2
15	. 3 . 2 . 4	. 1	. 4 . 1 .	. 3
16	1 .	. 3 . 2	. 4 . 2	. 1 3 .
17		2 . . 1 . 3 . 4	. 4 1 .	3 . 2
18	2 . . 1	2 . . 4	3 .	. 4 1 2 .
19	. 2	1 . 3 . . 4	3 . 2 . . 1	. 4
20	3 . . 1	. 2 4 .	. 3 . 2	1 . . 4
21	3 . . 2 .	4 .		. 2 . 4
22	. 32 .	4 .	1 .	2 . . 3 . 4
23	1 .	4 .	2 .	. 1 . 3 . 4 .
24		. 12 . . 3	1 .	3 . . 4 .
25	4 . 1 . 2 .	3 .	3 .	. 12 . 4 .
26	4 . . 2	1 . 3 .	3 . 2 . . 1	4 .
27	4 . 3 . . 1	. 2	. 3 . 24 .	1 .
28	4 . 3 .	1 . 2 .	4 . . 1	. 2
29	. 4 . . 32 .		4 .	2 . . 3
30	. 4 1 . . 3		4 . . . 2 .	. 1 . 3 .
31		. 1 2 . . 3		

III/a. Jupiter holdak helyzetei

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

III/b. Jupiter holdak jelenségei

Hónap		Január			Hónap		Január		
Dátum	h m		HOLD	JELENSÉG	Dátum	h m		HOLD	JELENSÉG
1	0 39	k	2	e	24	1 33	k	2	f
	1 35	v	2	á	25	22 38	v	2	á
	3 31	v	2	e		23 39	v	2	e
	23 53	v	3	f	26	4 25	k	1	á
2	0 12	k	3	m		4 55	k	1	e
	3 45	v	3	m	27	1 32	k	1	f
3	4 16	k	1	e		1 54	v	3	á
	4	1 23	k	1		f	3 49	v	3
3 24		v	4	f		4 19	v	1	m
4 36		v	1	m	23 21	k	1	e	
23 39		k	1	e	28	1 10	v	1	á
5	1 02	v	1	e		1 38	v	1	e
	1 55	v	1	e	29	1 28	k	4	á
	23 03	v	1	m		31	4 08	k	2
8	1 17	k	2	á	Február				
	3 01	k	2	e	Hónap				
	4 09	v	2	á	Dátum	h m		HOLD	JELENSÉG
10	0 57	v	2	m	1	22 19	k	2	á
11	3 16	k	1	f	2	23 02	k	2	e
						3	1 13	v	2
					4		1 55	v	2
						12	0 38	k	1
1 25	k	1	e	3 36	k		1	f	
2 55	v	1	á	3 35	k	3	e		
13	0 49	v	1	m	4	0 47	k	1	á
	15	3 51	k	2		á	1 05	k	1
16		4 13	k	3		f	3 04	v	1
	22 59	k	2	f		21 55	k	1	f
17	3 15	v	2	m	5	21 32	v	1	á
	19	2 31	k	1		á	21 47	v	1
		3 10	k	1	e	9	0 55	k	2
4 48	v	1	á	1 17	k		2	e	
20	2 35	v	1	m	3 49		v	2	á
	23 17	v	1	á	10	19 59	k	2	f
	23 53	v	1	e		23 07	v	2	m
21	3 10	v	4	m					

III/b. Jupiter holdak jelenségei

Hónap	Február				Hónap	Február					
Dátum	h	m		HOLD	JELENSÉG	Dátum	h	m		HOLD	ELENSÉG
11	2 40	k	1		á	26	3 23	k	1		m
	2 48	k	1		e		19 25	k	2		á
	23 49	k	1	f			21 47	v	2		e
							22 19	v	2		á
12	2 13	v	1		m	27	0 41	k	1		e
	21 09	k	1		á		0 57	k	1		á
	21 14	k	1		e		2 58	v	1		e
	23 26	v	1		á		3 14	v	1		á
	23 31	v	1		e		21 49	k	1		m
13	20 06	k	3	f		28	0 25	v	1	f	
	20 40	v	1		m		2 54	k	3		m
	23 55	v	3		m		19 07	k	1		e
14	19 26	k	4		á		19 25	k	1		á
	19 50	k	4		e		21 24	v	1		e
15	0 09	v	4		á		21 43	v	1		á
	0 21	v	4		e						
16	3 31	k	2		á						
	3 32	k	2		e						
17	22 29	k	2		m						
18	1 26	v	2	f		2	20 13	v	3		e
	4 42	k	1		e		21 45	v	3		á
	4 34	k	1		á	3	2 56	k	2		m
19	1 39	k	1		m	4	21 10	k	2		e
	4 02	v	1	f			22 02	k	2		á
	22 58	k	1		e						
	23 03	k	1		á	5	0 03	v	2		e
20	1 14	v	1		e		0 56	v	2		á
	1 20	v	1		á		2 26	k	1		e
	22 30	v	1	f			2 51	k	1		á
	23 37	k	3		m		23 34	k	1		m
21	3 41	v	3	f		6	2 19	v	1	f	
	19 40	v	1		e		20 52	k	1		e
	19 49	v	1		á		21 20	k	1		á
23	2 59	k	4		m		23 09	v	1		e
							23 37	vv	1		á
25	0 42	k	2		m	7	20 48	v	1	f	
	4 00	v	2	f		9	22 09	k	3		á
							23 32	v	3		e

III/b. Jupiter holdak jelenségei

Hónap	Március				Hónap	Március				
Dátum	h	m	HOLD	JELENSÉG	Dátum	h	m	HOLD	JELENSÉG	
10	1	43	v	3	29	2	33	v	1	
	21	56	v	4		21	31	k	1	f
	22	38	k	4		22	06	v	2	á
11	3	21	v	4	22	54	v	1	e	
	23	28	k	2	23	48	v	1	á	
12	0	39	k	2	30	21	02	v	1	f
	2	21	v	2						
	3	33	v	2						
13	1	19	k	1	Hónap					
	22	26	v	2	Dátum					
	22	37	k	1	h	m	HOLD	JELENSÉG		
	23	14	k	1						
14	0	54	v	1	3	23	32	v	3	m
	1	31	v	1	4	0	00	k	3	f
	22	43	v	1	20	39	v	4	m	e
16	23	21	k	3	5	1	08	k	1	m
						1	26	k	4	á
17	2	08	k	3		21	50	k	2	á
	2	54	v	3		22	26	k	1	e
19	0	38	k	4		22	38	v	2	e
	1	47	k	2	23	26	k	1	á	
	3	16	k	2						
20	3	05	k	1	6	0	42	v	1	e
	20	38	k	2		0	43	v	2	á
21	0	23	k	1		1	42	v	1	á
	1	00	v	2		22	57	v	1	f
	1	08	k	1						
22	2	40	v	1	7	19	26	v	2	f
	21	06	v	1		20	11	v	1	á
24	2	47	k	3	10	23	34	k	3	m
					12	22	12	k	2	e
27	21	21	v	4	23	57	k	4	m	
	22	57	k	2	13	0	15	k	1	e
	23	36	v	3		0	28	k	2	á
				1		05	v	2	e	
				1		21	k	1	á	
28	2	10	k	1	21	26	k	1	m	
	3	03	k	1	14	0	52	k	1	f
	23	20	k	1		20	59	v	1	e
						21	36	v	3	á
				22		00	v	2	f	
					22	05	v	1	á	

III/b. Jupiter holdak jelenségei

Hónap		Április				Hónap		Május			
Dátum	h m		HOLD	JELENSÉG	Dátum	h m		HOLD	JELENSÉG		
20	0 41	k	2	e	14	21 41	k	2	e		
	2 06	k	1	e		21 57	k	1	á		
	23 17	k	1	m		22 58	v	1	e		
21	21 44	k	1	á	15	0 12	v	1	á		
	22 04	k	3	á		0 17	k	2	á		
	22 50	v	1	e		0 35	v	2	e		
	23 57	v	4	á		21 31	v	1	f		
22	0 35	v	2	f	16	21 36	v	2	f		
	1 35	v	3	á		22 24	v	3	m		
	21 16	v	1	f		22 49	k	4	f		
				23 59		k	3	f			
28	21 02	k	3	e	21	22 37	k	1	e		
	21 52	k	2	m		23 51	k	1	á		
	22 26	k	1	e	22	0 20	k	2	e		
	23 39	k	1	á		0 53	v	1	e		
29	0 36	v	3	e	23	22 50	k	3	m		
	0 43	v	1	e		24	0 11	v	2	f	
	1 54	v	1	á	25		0 21	v	4	e	
	21 32	v	4	m			27	21 30	v	3	á
	23 11	v	1	f	29	0 33		k	1	e	
30	21 54	v	2	á		21 49	k	1	m		
					30	21 29	k	2	m		
				22 30		v	1	á			
Hónap		Május				Hónap		Június			
Dátum	h m		HOLD	JELENSÉG	Dátum	h m		HOLD	JELENSÉG		
6	0 19	k	1	e	1	21 43	v	2	á		
	0 23	k	2	m		2	21 21	v	4	f	
	0 55	k	3	e			3	22 00	k	3	á
	1 33	k	1	á		5		23 46	k	1	m
21 32	k	1	m	6			23 15	v	1	e	
7	1 07	v	1			f	7	21 45	v	1	f
	21 04	v	1	e							
	21 39	k	2	á							
	21 58	v	2	e							
8	22 17	v	1	á							
	0 31	v	2	á							
9	20 00	k	3	f							
	23 32	v	3	f							
13	23 27	k	1	m							

III/b. Jupiter holdak jelenségei

Hónap		Június				Hónap		Július			
Dátum	h	m		HOLD	JELENSÉG	Dátum	h	m		HOLD	JELENSÉG
8	21	29	k	2	á	22	20	52	v	4	m
	21	58	v	2	e						
10	21	15	k	3	e						
13	22	57	k	1	e	Hónap	December				
15	21	49	k	2	e	Dátum	h	m		HOLD	JELENSÉG
17	21	13	v	2	f	7	3	17	k	2	á
21	22	13	k	1	m	8	3	04	v	1	e
22	21	41	v	1	e	9	3	09	v	2	m
	22	43	v	1	á	11	3	18	v	3	m
29	21	24	k	1	e	14	4	15	k	1	f
	22	22	k	1	á		5	50	k	2	á
30	21	59	v	1	f	15	3	47	v	1	á
							4	59	v	1	e
						16	5	47	v	2	m
Hónap	Július					18	4	18	k	3	m
Dátum	h	m		HOLD	JELENSÉG	22	3	25	k	1	á
1	21	37	k	2	m		4	39	k	1	e
3	21	29	v	2	á		5	40	v	1	á
8	21	02	v	1	á	23	3	09	k	2	f
9	21	24	v	3	á		4	04	v	1	m
10	21	15	k	2	á	29	4	25	v	4	á
	22	25	v	2	e		5	19	k	1	á
15	22	10	v	1	e	30	2	29	k	1	f
16	21	56	k	3	á		5	45	k	2	f
19	20	51	v	2	f		5	56	v	1	m
						31	2	02	v	1	á
							3	14	v	1	e

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

A III/a táblázat a fejlécben közölt időpontra feltünteti a Jupiter és holdjainak látszólagos körülbelüli viszonylagos helyzetét. A bolygót a „felső” 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).

IV/1. A nappal és szürkület tartama Magyarországon

(Adatok a szabadban való látásra vonatkozólag)

Dátum	A n a p p a l			Polgári	Navigációs	Csillagászati	
	s z ű r k ű l e t						
	t a r t a m a						
	46°	47°	48°				
földrajzi szélességnél							
	óra perc	óra perc	óra perc	óra perc	óra perc	óra perc	
Január	1	8 43	8 35	8 27	35	1 14	1 51
	7	8 49	8 43	8 35	35	1 13	1 50
	13	9 00	8 52	8 44	35	1 12	1 49
	19	9 10	9 04	8 58	34	1 11	1 48
	25	9 25	9 19	9 12	33	1 10	1 46
Február	1	9 42	9 38	9 32	33	1 09	1 45
	7	9 59	9 55	9 49	32	1 08	1 44
	13	10 17	10 13	10 09	32	1 07	1 43
	19	10 35	10 32	10 29	31	1 07	1 42
	25	10 53	10 51	10 49	31	1 06	1 41
Március	1	11 06	11 04	11 02	31	1 06	1 41
	7	11 26	11 25	11 23	30	1 06	1 41
	13	11 46	11 44	11 44	30	1 06	1 42
	19	12 05	12 05	12 05	30	1 06	1 43
	25	12 25	12 25	12 27	31	1 07	1 44
Április	1	12 47	12 49	12 51	31	1 08	1 46
	7	13 07	13 09	13 11	31	1 09	1 49
	13	13 26	13 29	13 32	32	1 10	1 52
	19	13 45	13 48	13 52	32	1 12	1 56
	25	14 03	14 07	14 11	33	1 14	2 00
Május	1	14 21	14 25	14 31	34	1 17	2 05
	7	14 36	14 42	14 48	35	1 19	2 11
	13	14 52	14 58	15 05	36	1 22	2 18
	19	15 06	15 13	15 20	37	1 25	2 25
	25	15 18	15 26	15 33	38	1 28	2 33
Június	1	15 30	15 38	15 46	39	1 30	2 42
	7	15 38	15 46	15 54	39	1 33	2 49
	13	15 42	15 52	16 00	40	1 34	2 54
	19	15 45	15 54	16 03	40	1 35	2 57
	25	15 45	15 53	16 03	40	1 34	2 56

IV/1. A nappal és szürkület tartama Magyarországon

(Adatok a szabadban való látásra vonatkozólag)

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

IV/2. A nappal tartama különböző északi földrajzi szélességű helyeken

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

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

IV/3. A polgári szürkület hossza különböző északi földrajzi szélességű helyeken az évszakok kezdetekor

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

A polgári szürkület hosszának (tartamának) azt az időtartamot nevezzük, ami eltelik: a Nap 6°-os horizont alatti magassága és napfelkete között, illetve napnyugta és a Napnak 6°-nyira a horizont alá való leszállása között. Ezen időközökben általában lehet még a szürkületi világosságnál a szabadban olvasni.

Hasonló a jelentése a IV/1. táblázatban található navigációs és csillagászati szürkületnek, amelyek 12°, illetve 18°-os horizontmagasságra vonatkoznak.

IV/4. A Nap delelési magassága (az északi földgömbön)

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

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

IV/5. A Nap forgási tengelyének helyzete és a napkorong középpontjának héliografikus koordinátái

Dátum		P	B_0	L_0	Dátum		P	B_0	L_0
		°	°	°			°	°	°
Jan.	1	+ 2,5	-3,0	85,8	Júl.	1	- 2,7	+3,0	203,8
	16	- 4,8	-4,6	248,3		16	+ 4,1	+4,5	5,3
Febr.	1	-11,9	-6,0	37,6	Aug.	1	+10,9	+5,8	166,8
	16	-17,5	-6,9	200,1		16	+16,4	+6,7	315,3
Márc.	1	-21,6	-7,2	15,7	Szept.	1	+21,2	+7,2	103,9
	16	-24,7	-7,1	178,1		16	+24,3	+7,2	265,8
Ápr.	1	-26,3	-6,5	327,1	Okt.	1	+26,1	+6,7	67,8
	16	-26,1	-5,5	129,1		16	+26,3	+5,7	229,9
Máj.	1	-24,2	-4,1	290,9	Nov.	1	+24,6	+4,3	18,9
	16	-20,8	-2,5	92,6		16	+21,2	+2,6	181,2
Jún.	1	-15,5	-0,6	240,9	Dec.	1	+16,1	+0,8	343,5
	16	- 9,4	+1,2	42,35		16	+ 9,8	-1,1	145,8

A Nap forgási tengelyének irányát megadó P szöget a napkorong északpontjától számítjuk; keletre pozitív, nyugatra negatív előjellel. B_0 és L_0 a napkorong középpontjának héliografikus szélességét, illetve hosszúságát jelenti.

V. A Sarkcsillag felső delelésének időpontja
középeurópai zónaidőben és azimutja Budapesten

Dátum	Delelési idő		Egynapi változás	Óraszög	Azimut	Óraszög	
	h	m	m	s	h	m	
Jan.	10	18 21	—3	57	0 00	0 00,0	24 00
	20	17 41	3	57	0 30	0 11,1	23 30
	30	17 02	3	57	1 00	0 21,9	23 00
Febr.	9	16 22	3	57	1 30	0 32,4	22 30
	19	15 43	3	57	2 00	0 42,3	22 00
Márc.	1	15 03	3	57	2 30	0 51,5	21 30
	11	14 24	3	57	3 00	0 59,6	21 00
	21	13 44	3	57	3 30	1 06,7	20 30
	31	13 05	3	56	4 00	12,8	20 00
Ápr.	10	12 25	3	56	4 30	1 17,4	19 30
	20	11 46	3	56	5 00	1 20,9	19 00
	30	11 07	3	56	5 30	1 22,8	18 30
Máj.	9	10 28	3	55	6 00	1 23,4	18 00
	19	9 48	3	55	6 30	1 22,4	17 30
	29	9 09	3	55	7 00	1 20,0	17 00
Jún.	8	8 30	3	55	7 30	1 16,4	16 30
	18	7 51	3	55	8 00	1 11,4	16 00
	28	7 12	3	55	8 30	1 05,4	15 30
Júl.	8	6 33	3	55	9 00	0 58,1	15 00
	18	5 54	3	55	9 30	0 50,0	14 30
	28	5 15	3	55	10 00	0 41,1	14 00
Aug.	7	4 36	3	55	10 30	0 31,4	13 30
	17	3 56	3	55	11 00	0 21,2	13 00
	27	3 17	3	55	11 30	0 10,7	12 30
Szept.	6	2 38	3	55	12 00	0 00,0	12 00
	16	1 59	3	55	Poláris Északtól Nyugatra		Poláris Északtól Keletre
	26	1 20	3	55			
Okt.	6	0 41	3	55			
	16	0 01	3	56			
	26	23 22	3	56			
Nov.	5	22 43	3	56			
	15	22 03	3	56			
	25	21 24	3	56			
Dec.	5	20 45	3	57			
	15	20 05	3	57			
	25	19 26	3	57			

A Sarkcsillag látszólagos koordinátái:
Deklináció: $+89^{\circ}04'$,
Rektaszenczió: $1^{\text{h}}53^{\text{m}},5$

VI. Budapesten látható csillagfedések 1956-ban (Világidőben)

Dátum	N.Z.C.	Csillag	Mag.	Fáz.	A Hold kora	Világidő	a	b	P
Jan.			m		d	h m	m	m	°
1	1397	ω Leo <i>m</i>	5,5	2	17,8	2 50,3	-2,1	+0,2	250
5	1852	370 B Vir	6,0	2	21,8	3 30,4	-2,0	+0,9	263
6	1970	85 Vir	6,2	2	22,9	4 47,2	-1,3	-0,5	310
17	3397	-1° 4393	7,4	1	4,6	17 05,5	-0,5	+1,3	23
18	3524	+3° 4909 <i>m</i>	6,9	1	5,6	18 08,6	-0,9	-0,1	54
20	244	+13° 255	6,9	1	7,7	19 45,7	-1,0	+2,0	20
21	371	27 Ari	6,4	1	8,6	17 29,0	-1,4	+1,4	50
22	500	+19° 537 <i>p</i>	7,0	1	9,6	16 32,0	-1,2	+1,7	60
22	503	+20° 573	7,2	1	9,6	17 08,9	-1,0	+2,6	36
22	525	144 Tau	6,4	1	9,8	22 23,6	-0,9	-0,3	57
23	534	22 H' Tau	6,0	1	9,9	0 39,1	-0,1	-0,8	68
30	1582	237 B Leo	6,3	2	17,0	2 50,2	-0,7	-2,1	332
Febr.									
1	1800	η Vir	5,4	2	18,9	1 57,6	-1,5	-0,2	290
5	2290	δ Sco	2,5	2	23,0	3 41,9	-1,4	+0,8	278
16	197	+11° 172	7,0	1	4,8	16 54,0	-1,1	+1,4	30
17	348	+16° 281	6,8	1	5,9	20 36,9	-0,4	-0,7	65
18	465	δ Ari	4,5	1	6,8	16 58,1	-1,4	+2,5	30
19	631	51 Tau	5,6	1	7,9	20 36,5	-0,8	-1,5	96
19	634	56 Tau	5,3	1	8,0	21 18,0	-1,0	-0,1	52
20	784	108 Tau	6,2	1	8,9	18 13,7	-1,7	+0,9	67
20	792	η Tau	5,1	1	8,9	20 12,6	-1,3	-1,1	95
20	817	σ Tau	4,8	1	9,1	23 59,3	-0,2	-1,0	74
21	817	+21° 1203	7,1	1	9,9	19 50,2	-1,6	-0,6	97
21	989	+20° 1427	6,6	1	10,0	23 06,0	-0,7	-1,3	92
21	991	16 Gem	6,1	1	10,0	23 29,3	+0,3	-3,0	156
22	1124	+18 1610	6,9	1	11,0	21 49,9	—	—	178
23	1271	29 Cnc	5,9	1	12,0	22 50,0	-0,8	-2,0	137
25	1397	ω Leo <i>m</i>	5,5	1	13,1	20 14,2	-0,4	-2,4	157
Márc.									
18	752	ν Tau	4,7	1	6,2	19 56,6	-0,2	-2,8	139
18	766	105 Tau	6,0	1	6,3	21 51,5	-0,1	-1,2	85
19	905	+21° 1072	6,7	1	7,2	17 26,7	-2,0	+1,9	49
19	935	+20° 1302	6,9	1	7,4	22 56,9	-0,1	-1,2	86
21	1210	5 Cnc	5,9	1	9,2	18 27,8	—	—	43
22	1341	α Cnc	4,3	1	10,2	18 23,2	-1,2	-1,2	138
22	1359	K Cnc	5,1	1	10,4	23 57,8	-0,1	-2,4	154
24	1482	14 Sex	6,3	1	11,5	2 12,1	—	—	41

VI. Budapesten látható csillagfedések 1956-ban (Világidőben)

Dátum	N.Z.C.	Csillag	Mag.	Fáz.	A Hold kora	Világidő	a	b	P
Ápr.			m		d	h m	m	m	°
14	725	+21° 707	6,9	1	3,7	20 05,2	-0,2	-1,6	107
17	1190	+16° 1580	7,1	1	6,8	22 00,7	+0,0	-1,9	126
18	1309	A' Cnc	5,7	1	7,7	18 25,0	-0,5	-3,1	166
18	1320	+13° 1994	6,8	1	7,8	21 15,6	—	—	49
20	1543	+3° 2379	6,6	1	9,7	19 05,3	-0,9	-1,8	153
21	1655	-1° 2521	6,7	1	10,7	20 07,1	—	—	61
21	1670	e Leo	5,1	1	10,9	23 34,1	-1,2	-1,1	75
Máj.									
14	1141	162 B Gm	5,6	1	4,2	19 15,9	+0,8	-3,7	176
15	1281	84 B Cnc	6,4	1	5,3	20 35,1	-0,3	-1,6	107
19	1745	-5° 3424	Var.	1	9,4	23 17,3	-0,7	-1,2	70
Jún.									
15	1713	13 B Vir.	5,8	1	7,0	20 58,0	-0,7	-1,7	108
28	3326	207 B Aqr.	6,4	2	20,1	23 24,8	-1,0	+1,6	264
29	3453	K Psc	4,9	2	21,1	23 41,7	-1,3	+0,6	304
29	3455	q Psc	6,4	2	21,1	23 59,5	-0,9	+1,7	258
Júl.									
18	2403	-22° 4196	7,5	1	10,6	19 20,1	-1,9	+0,1	94
25	3185	e' Cap	5,3	2	16,8	0 31,3	-1,5	+0,8	233
Aug.									
3	847	3 Tau	3,0	1	26,0	2 31,9	-0,4	+1,2	96
16	2635	14 Sgr.	5,7	1	10,4	20 17,6	-1,4	+0,4	46
24	68	51 Psc.	5,7	2	18,4	20 51,4	-0,4	+2,1	232
26	326	19 Ari	6,0	2	20,4	21 14,0	—	—	320
27	455	53 Ari	6,1	2	21,5	21 29,2	+0,3	+2,1	217
Szept.									
12	2580	-21° 4779	6,6	1	8,0	18 53,3	-1,5	-0,6	79
13	2734	'29 Sgr.	5,4	1	9,0	20 34,9	-0,7	0,0	43
14	2865	267 B Sgr.	5,9	1	10,0	19 11,6	-1,2	+1,2	30
15	2995	27 G. Cap	6,2	1	11,1	23 11,2	—	—	137
26	894	x' Ori	4,6	2	22,2	23 49,3	—	—	200
29	1197	e Cnc	6,0	2	24,3	1 58,4	+0,6	+1,6	263
30	1332	60 Cnc	5,7	2	25,3	2 37,3	-0,5	+2,4	246
30	1341	α Cnc	4,3	1	25,4	2 56,6	-0,6	+3,4	51
30	1341	α Cnc	4,3	2	25,4	3 32,6	-0,8	-2,1	344

VI. Budapesten látható csillagfedések 1956-ban

(Világidőben)

Dátum	N.Z.C.	Csillag	Mag.	Fáz.	A Hold kora	Világidő	a	b	P
Okt.									
9	2529	-21° 4659	6,6	1	5,5	17 269	-1,4	-1,1	91
10	2679	-21° 5025	7,4	1	6,6	18 57,7	-1,2	-1,4	95
11	2814	<i>d</i> Sgr	5,0	1	7,5	17 37,4	-0,9	+1,1	26
11	2816	-19° 5387	6,8	1	7,6	18 13,3	—	—	9
13	3051	-13° 5779	7,0	1	9,5	16 23,3	-1,4	+1,7	48
15	3290	- 5° 5790	7,3	1	11,6	17 09,8	-1,4	+1,4	80
21	416	π Ari	5,4	2	16,9	3 31,7	—	—	335
22	533	14 Tau	6,3	2	17,9	2 14,4	-1,4	-2,7	308
22	700	129 H' Tau	5,7	2	18,8	23 32,8	-1,6	+0,3	282
23	837	372 B Tau	6,1	2	19,7	21 08,9	-0,2	+1,8	249
26	1281	84 B Cnc	6,4	2	22,8	23 03,8	-0,1	+1,0	285
27	1309	A' Cnc	5,7	2	23,0	3 51,8	-1,3	-0,8	309
Nov.									
12	3371	-2° 5858	6,4	1	10,1	20 47,8	-0,6	+1,3	24
19	765	<i>l</i> Tau	5,3	2	17,1	18 14,1	+0,2	+2,0	249
20	940	68 Ori	5,7	2	18,1	19 18,3	0,0	+1,8	249
22	1141	162 B Gem	5,6	2	19,5	4 39,9	-0,6	-2,5	324
Dec.									
10	3453	K Psc	4,9	1	8,5	20 29,0	-0,8	-0,3	58
10	3455	9 Psc	6,4	1	8,5	20 35,3	-1,0	-1,7	94
11	29	+5° 25	7,2	1	9,5	21 56,1	-0,6	-0,9	72
19	1197	1 Cnc	6,0	2	17,6	21 44,4	-1,1	+0,2	299
20	1234	-30 B Cnc	6,1	2	17,8	5 07,0	-0,3	-1,9	308
20	1332	60 Cnc	5,7	2	18,6	21 34,1	-0,7	+1,0	281
21	1359	K Cnc	5,1	2	18,8	3 53,3	-0,6	-2,4	333
23	1582	237 B Leo	6,3	2	20,7	0 22,0	-1,4	+2,4	249
23	1587	55 Leo	6,0	2	20,8	2 31,3	-1,5	0,0	286

VII. A fényesebb csillagok fontosabb adatai

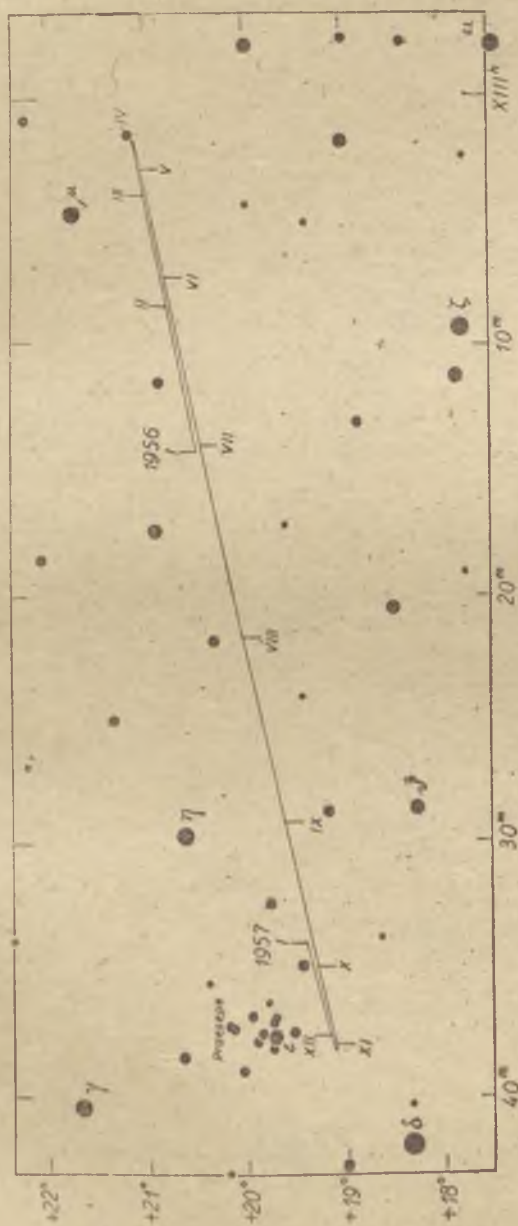
A' csillag neve	RA 1950,0	D 1950,0	m	Sp	d (parsec)	M	RS	Jegyzet
	h m s	° ′						
α And	0 5 49	28 49	2,15	Alp	35,71	-0,61	-12v	
β Cas	0 6 30	58 52	2,42	F5	13,70	1,74	+12	
γ Peg	0 10 39	14 54	2,87	B2	142,9	2,91	+ 5v	
α Cas	0 37 39	56 16	var	KO	71,43	var	- 4	
β Cet	0 41 4	18 16	2,24	KO	17,54	1,02	+13	
γ Cas	0 53 40	60 27	var	BOp	62,50	var	var	
β And	1 6 55	35 21	2,37	Ma	23,26	0,54	0	
δ Cas	1 22 31	59 59	2,80	A4	31,25	0,33	- 8v	
α UMi	1 48 49	89 02	2,12	F7	142,9	-3,60	-17v	
β Ari	1 51 52	20 34	2,72	A3	15,63	1,75	- 4v	
γ And	2 0 49	42 5	2,28	KO	125,0	-3,21	-12	
α Ari	2 4 20	23 14	2,23	K2	22,73	0,44	-14	
α Cet	2 59 40	3 54	2,82	Ma	76,92	-1,61	-25	
α Per	3 20 44	49 41	1,90	F5	83,33	-2,70	- 2	
τ Tau	3 44 30	23 57	2,96	B5p	58,82	-0,89	+10	rot : 60
δ Per	3 50 59	31 44	2,91	B1	125,0	-2,58	+21	
α Tau	4 33 3	16 25	1,06	K5	19,61	-0,40	+54	r = 80
β Eri	5 5 23	5 9	2,92	A3	25,64	0,88	- 9	
β Ori	5 12 8	8 15	0,34	B8p	166,7	-5,77	+23v	rot: 25
α Aur	5 12 59	45 57	0,21	G1	14,08	-0,53	30v	
γ Ori	5 22 27	6 18	1,70	B2	71,43	-2,57	+18	rot: 60
β Tau	5 23 8	28 34	1,78	B8	40,00	-1,32	+23v	
β Lep	5 26 6	20 48	2,96	G0	62,50	-1,02	-14	
δ Ori	5 29 27	0 20	2,48	B0	200,00	-4,03	-12v	
α Lep	5 30 31	17 51	2,69	F0	90,91	-2,10	+24	
τ Ori	5 32 59	5 56	2,87	O8	47,62	-0,52	+22v	rot : 75
ξ Ori	5 33 40	1 14	1,75	B0	142,9	-4,03	+26	rot : 100
τ Ori	5 38 14	1 58	2,05	B0	125,0	-3,44	+19	
κ Ori	5 45 23	9 41	2,20	B0	166,7	-3,91	+20	
α Ori	5 52 28	7 24	var	M2	90,91	var	+21v	
β Aur	5 55 52	44 57	var	A0p	25,64	var	18v	
β CMa	6 20 29	17 58	1,99	B1	90,91	2,80	-33v	
γ Gen	6 34 49	16 27	1,93	A0	23,81	0,05	v	
α CMa	6 42 56	16 39	-1,58	A0	3,65	1,30	- 8v	
ε CMa	6 56 40	28 54	1,63	B1	100,0	-3,37	+27	
δ CMa	7 6 22	26 19	1,98	F8p	200,0	-4,53	+34v	
η CMa	7 22 7	29 12	2,43	B5p	83,33	-2,17	+40	
α Gem	7 31 25	32 0	1,58	A8A3	14,29	0,80	- 1v	rot: 50
α CMi	7 36 41	5 21	0,48	F5	3,44	2,80	- 3v	
β Gem	7 42 16	28 9	1,21	K0	10,20	1,17	+ 4	
α Hya	9 25 8	8 26	2,16	K2	62,50	-1,82	- 4	
α Leo	10 5 43	12 13	1,34	B8	23,81	-0,54	+ 3	
γ Leo	10 17 13	+20 6	2,61	K0	50,00	-0,89	-36	
β UMa	10 58 50	56 39	2,44	A0	23,26	0,16	-12v	
α UMa	11 0 39	62 1	1,95	K0	32,26	-0,59	- 9v	
δ Leo	11 11 27	20 48	2,58	A3	19,61	1,12	-18v	rot : 175

VII. A fényesebb csillagok fontosabb adatai

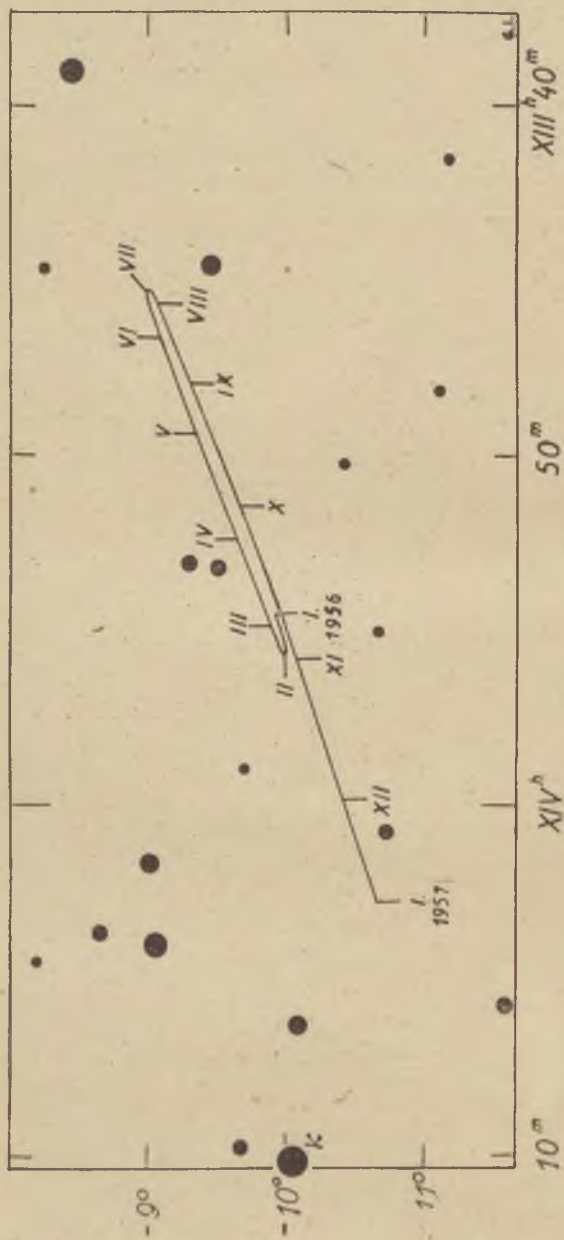
A csillag neve	RA 1950,0	D 1950,0	m	Sp	d (parsec)	M	RS	Jegyzet
	h m s	° ' "						
β Leo	11 46 31	14 51	2,23	A2	12,99	1,66	- 1	rot : 100
γ UMa	11 51 13	53 58	2,54	A0	27,03	0,38	-14	
γ Crv	12 13 14	17 16	2,78	B8	41,67	-0,32	- 4v	
β Crv	12 31 45	-23 07	2,84	G5	37,04	0,00	- 8	
γ Vir	12 39 8	- 1 11	2,91	F0	10,53	2,80	-20	
ε UMa	12 51 50	56 14	1,68	A2p	14,93	0,81	-12v	rot : 50
α CVn	12 53 42	38 36	2,90	A0p	41,67	-0,20	- 3	
ε Vir	12 59 41	11 14	2,95	K0	27,78	0,73	-14	
ξ UMa	13 21 55	55 11	2,40	A2p	23,81	+0,52	- 6v	
α Vir	13 22 33	-10 54	1,21	B2	58,82	-2,64	+ 1v	
η UMa	13 45 34	49 34	1,91	B3	58,82	-1,93	-11	rot: 130
α Boo	14 13 23	19 27	0,24	K0	11,49	-0,06	- 4	r = 65
α Cen*	14 36 11	-60 38	0,06	G0,K5	1,32	4,45	-22	
ε Boo	14 42 48	27 17	2,70	K0	66,67	-1,42	-16v?	
β UMi	14 50 50	74 22	2,24	K5	35,71	-0,52	+17	
β Lib	15 14 19	9 12	2,74	B8	50,00	-0,76	-37	
δ Cr B	15 32 34	26 53	2,31	A1	23,81	0,43	+ 3v	rot: 130
α Ser	15 41 48	6 35	2,75	K0	22,73	+0,97	3	
δ Sco	15 57 22	-22 29	2,54	B0	90,01	-2,25	-16v	
η Dra	16 23 19	1 38	2,89	G5	30,30	+0,49	-14	
α Sco	16 26 20	-26 19	1,22	Ma + A3	71,43	-3,05	- 3v	r = 331
β Her	16 28 4	21 36	2,81	G5	55,56	-0,91	+26v	
τ Sco	16 32 46	28 7	2,91	B0	111,1	-2,32	+ 1	
ξ Oph	16 34 24	-10 28	2,70	B0	166,7	-3,41	-19v	rot: 450
ε Her	16 39 24	31 42	3,00	G0	9,09	3,21	-71v	
β Dra	17 29 18	52 50	2,99	G0	111,1	-2,24	-20	
α Oph	17 32 37	12 36	2,14	A5	20,41	0,59	+15	
γ Dra	17 55 26	-51 30	2,42	K5	45,45	-0,87	-27	
δ Sgr	18 17 48	-29 51	2,84	K0	31,25	0,37	-20	
λ Sgr	18 24 53	-25 27	2,94	K0	27,78	0,72	-43	
α Lyr	18 35 15	38 44	0,14	A0	8,26	0,55	-14	
δ Sgr	18 52 10	-26 22	2,14	B3	47,62	-1,25	-11	rot: 230
γ Aql	19 43 53	10 29	2,80	K2	55,56	-0,92	- 2	
α Aql	19 48 21	8 44	0,89	A5	4,88	2,45	-27	rot: 270
γ Cyg	20 20 26	40 06	2,32	F8p	142,90	-3,40	- 8	
α Cyg	20 39 44	45 06	1,33	A2p	200,0	-5,18	v	
ε Cyg	20 44 11	33 47	2,64	K0	25,64	0,60	-10v	
α Cep	21 17 23	62 22	2,60	A5	12,99	2,03	-12	
ε Peg	21 41 44	9 39	2,54	K0	76,92	-1,89	+ 5	
α PsA	22 54 54	-29 53	1,29	A3	6,90	1,48	+ 6	rot: 100
β Peg	23 1 21	27 49	2,61	M2	55,56	-1,11	+10	
α Peg	23 2 16	14 56	2,57	A0	30,30	0,16	- 4v	

* 16link nem látható.

Jegyzet: Az első oszlopban a csillag neve van a szokásos rövidítésekkel. A második a csillag rektaszencióját, a harmadik a deklinációját tartalmazza 1950,0 epochára. A negyedik oszlopban a látszólagos nagyságrend (magnitúdó) van, az ötödikben szinképtípusa, a hatodikban távolsága parsec-ban ($d = 1/\pi$, π = parallaxis, képlet alapján). A hetedik oszlop a csillag abszolút nagyságrendje ($M = m + 5 + 5 \log \pi$ képlet alapján). Az utolsó előtti oszlopban a radiális sebesség van. (A mínusz előjel azt jelenti, hogy a csillag távolodik.) „Jegyzet” felírású rovatban „rot” a csillag egyenlítői forgási sebességét jelenti km/sec-ban, „r” a csillag sugarát (a Nap sugarát egységnek véve) interferometrikus mérések alapján.



Az Urdánusz látszó pályája a Rák csillagképben 1956. I. 1.-68 1957 I. 1.-49



A Neptunusz látszó pályája a Szűz csillagképben 1956. I. 1-től 1957. I.-ig

A CSILLAGOS ÉG 1956-BAN

(Az időpontok közép-európai időben vannak megadva.)

Január

Bolygók

Napnyugtakor az égbolton csak a Merkúr (a hónap első felében) és a Vénusz látható. A *Merkúr* a hó elején egy órával nyugszik a Nap után, úgyhogy nehezen figyelhető meg. Azonban 10-e és 16-a közt megfigyelésre már kedvezőbb helyzetbe kerül, mivel 11-én 20 órakor lesz legnagyobb keleti kitérésben, 19° távolságra a Naptól. Ekkor közvetlen napnyugta után a délkeleti égbolton szabad szemmel is megtalálható, a Bak csillagképben előretartó mozgást végezve. 18-án stacionárius és utána hátráló mozgást vesz fel és gyorsan közeledik a Nap felé, úgyhogy már nem figyelhető meg. 27-én kerül alsó együttállásba a Nappal. Fázisa és fényessége a hó folyamán csökkenő, 11-én előbbi 0,6, utóbbi $-0,4$ magnitudo. A *Vénusz* szintén napnyugta után látható a délkeleti égbolton. A hó elején $2\frac{1}{2}$, végén pedig már több mint 3 órával nyugszik a Nap után. A Bak, utána pedig a Vízöntő csillagképekben látható előretartó mozgást végezve. Fényessége növekedőben van, fázisa csökken. A hó folyamán a tőlünk látható bolygófelület 0,8 részét világítja meg a Nap, fényessége pedig $-3,4$, illetve $-3,5$ magnitudo. Az *Uránusz* napnyugtakor kel és az egész éj folyamán látható a Rák csillagképben, a Castor és Polluxtól délkeletre hátráló mozgást végezve. 21-én szembenállásban a Nappal. (L. a térképet az 55. oldalon.) A *Jupiter* a kora esti órákban kel és az egész éjszaka folyamán látható az Oroszlán csillagképben a Regulus közelében e felett hátráló mozgással elhaladva. Fényessége $-2,0$ magnitudo. A *Neptunusz* éjfélkor kel és csak az éjszaka második felében figyelhető meg a Spicától keletre, előretartó mozgást végezve. (L. a térképet az 56. oldalon.) A *Mars* és a *Szturnusz*

csak a hajnali órákban láthatók, mindkettő előretartó mozgást végezve a Mérleg csillagképtől a Skorpió csillagkép felé. A Mars gyors mozgása folytán 14-én a Szaturnusz alatt másfél fokkal elhaladva 18-án a β Scorpionis-szal kerül együttállásba, ettől egy fél fokkal északra és a hó végén már az Antares felett látható. Fényessége és átmérője még kicsiny, úgyhogy a bolygó felülete nemigen figyelhető meg.

Hullócsillagok

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

Február

Bolygók

Közvetlenül napnyugta után a bolygók közül csak a *Vénusz* látható a nyugati égbolton a *Vízöntő* és utána a *Halak* csillagképében előretartó mozgást végezve. A hó elején 3, végén pedig 4 órával nyugszik a Nap után. Fényessége tovább növekszik és a hó végén a $-3,6$ magnitúdót éri el. Fázisa csökkenő, a Nap a bolygókorong 0,7 részét világítja meg. 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 térképén az 55. oldalon.) A *Jupiter* 16-án kerül szembenállásban a Nappal, úgyhogy szintén a kora esti óráktól látható. Az *Oroszlán* csillagképben tartózkodik hátráló mozgást végezve és közvetlen a *Regulus* mellett látható ettől távolodva. Fényessége $-2,1$ magnitúdó. A *Neptunusz* és a *Szaturnusz* csak a hajnali órákban láthatók a keleti égbolton. Előbbi a *Szűz* csillagképben hátráló, utóbbi a *Skorpió* csillagképben a β Scorpionis felett előretartó mozgást végezve. A *Mars* a hajnal előtti órákban figyelhető meg, előretartó mozgást végezve, előbb a *Skorpió*, utána a *Nyilas* csillagképekben. Fényessége a hó elején $+1,5$, a végén $+1,2$ magnitúdó. 6-án 8 óra-kor közeli együttállásban a *Hold*dal, ettől egész közel északra figyelhető meg. A *Merkur* az alsó együttállás után legnagyobb nyugati kitérését 27° -ra a Naptól 21-én éri el. Megfigyelése 10-e és 20-a közt kísérelhető meg napkeltekor a délkeleti égbolton, de ebben a hónapban nincs észlelésre kedvező helyzetben, mivel csak háromnegyed órával kel a Nap előtt. A *Bak* csillag-

képben tartózkodik 8-ig hátráló, utána előretartó mozgást végezve. 9-én 23 óraker közeli együttállásba kerül a Holddal, ettől egy fokkal délre. Fényessége és fázisa is a hó folyamán növekedőben van. Előbbi 15-én 0,4 magnitúdó, ugyanakkor pedig a bolygókorong fele van a Nap által megvilágítva.

Hullócsillagok

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

Március

Bolygók

Napnyugtakor a nyugati égbolton a Vénusz, keletén pedig a horizon közelében a Jupiter és valamivel magasabban az Uránusz látható. A Vénusz a Halak csillagképéből a Bika csillagképébe lép át és a hó végén a Plejádoktól délre látható. Fényessége tovább növekszik, fázisa pedig csökkenőben van. A hó közepén előbbi —3,7 magnitúdó, utóbbi 0,6. 16-án 5 óraker közeli együttállásba kerül a Holddal és ettől egy fokkal délre látható. Az Uránusz továbbá is hátráló mozgást végez a Rák csillagképben. (L. a térképet az 55. oldalon.) A Jupiter az Oroszlán csillagképben hátráló mozgást végezve mindjobban távolodik a Regulustól. Fényessége —2,0 magnitúdó. A Neptunusz az éjféli előtti órákban, a Szaturnusz pedig éjfélkor kel, úgyhogy e két bolygó már csak az éjszaka második felében figyelhető meg. A Neptunusz továbbá is hátráló mozgást végez a Szűz csillagképben. (L. a térképet az 56. oldalon.) A Szaturnusz a β Scorpionis közelében látható. 12-ig előretartó, után hátráló mozgást végezve. Fényessége +0,6 magnitúdó. A Mars a hajnali órákban látható a délkeleti égbolton a Nyilas csillagképben előretartó mozgást végezve. Fényessége a hó közepén +1,0 magnitúdó. A Merkur a hó folyamán a Nap közelsége miatt nem figyelhető meg.

Hullócsillagok

10-től 12-ig a gyorsmozgású és nyomothagyó Bootidák láthatók.

Április

Bolygók

Napnyugtakor a nyugati égbolton a Vénusz (és a hó végén a Merkúr is), a Rák csillagképben viszont 5-ig előretartó, utána hátráló mozgást végezve a delelő *Uránusz* (L. a térképet az 55. oldalon), tőle keletre pedig 12-ig hátráló, utána előretartó mozgást végezve a *Jupiter* látható. A *Merkúr* 6-án kerül felső együttállásba a Nappal, utána azonban gyors előretartó mozgást végezve áthalad a Halak és a Kos csillagképeken és a hó végén már a Bika csillagképben a Plejádoktól délre látható. Ámbár legnagyobb keleti kitérését csak a következő hónap elején éri el, már 20-tól megfigyelhető, mivel magas északi deklinációja miatt, a hó utolsó napjaiban már $2\frac{1}{2}$ órával nyugszik a Nap után. Fényessége és fázisa gyorsan kisebbedik. Előbbi 20-tól 30-ig $-1,0$ magnitúdóról $+0,2$ magnitúdóra, utóbbi pedig $0,8$ -ról $0,4$ csökken. A *Vénusz* 12-én éri el legnagyobb keleti kitérését 46° -ra a Naptól, ekkor 5 órával nyugszik a Nap után, úgyhogy a késő esti órákig látható. A Bika csillagképben tartózkodik és előretartó mozgást végezve a hó folyamán az Aldebaran felett halad el. Fényessége $-4,0$ magnitúdó, a Nap pedig a tőlünk látható bolygófelület felét világítja meg. A *Neptunusz* napnyugtakor kel és az egész éj folyamán megfigyelhető a Szűz csillagképben hátráló mozgást végezve (L. a térképet az 56. oldalon.) A *Szaturnuusz* az esti órákban kel és a délkeleti és déli égbolton figyelhető meg a β Scorpionis közelében hátráló mozgást végezve. A *Mars* a hajnali órákban látható a Nyilas és a Bak csillagképek között előretartó mozgást végezve. Fényessége a hó közepén $+0,5$ magnitúdó.

Hullócsillagok

19-től 23-ig a gyorsmozgású és nyomothagyó Lyridák figyelhetők meg.

Május

24-én részleges holdfogyatkozás tőlünk nem látható.

Bolygók

Napnyugtakor a nyugati égbolton a Merkúr (a hó első felében) és a Vénusz, az Oroszlán csillagképben pedig előretartó mozgással újra a Regulus felé közeledve a *Jupiter* és tőle nyu-

gatra a szintén előretartó mozgást végző *Uránusz* (L. a térképet az 55. oldalon) látható. A *Merkur* 2-án éri el legnagyobb keleti kitérését 21° -ra a Naptól és a hó közepéig jól megfigyelhető Hyadok között 14-ig előretartó, utána hátráló mozgást végezve. Az év folyamán e hó első napjaiban van a megfigyelésre legkedvezőbb helyzetben. A hó második felében gyorsan közeledik a Nap felé, mellyel 26-án alsó együttállásba kerül. Fázisa és fényessége a hó első napján 0,4, illetve +0,1 magnitúdó és mindkettő gyorsan csökkenő. A *Vénusz* a hó elején $4\frac{1}{2}$, a végén 3 órával nyugszik a Nap után. Előretartó mozgást végez a *Bika*, majd az *Ikrek* csillagképében. Legnagyobb fényességét ($-4,2$ magnitúdó) 16-án éri el. Fázisa gyorsan csökken és a hó végén már egész keskeny sarlónak látszik. A *Neptunusz* napnyugtakor már látható a délkeleti égbolton a Szűz csillagképben hátráló mozgást végezve. (L. a térképet az 56. oldalon.) A *Szatur-nusz* 20-án kerül szembenállásba a Nappal, úgyhogy e hó folyamán napnyugtakor kel és egész éjszaka látható a Skorpió és Mérleg csillagképek között hátráló mozgást végezve. Fényessége a hó közepén +0,3 magnitúdó. A *Mars* a hajnali órákban látható a délkeleti égbolton a Bak és utána a *Vizöntő* csillagképekben előretartó mozgást végezve. 22-én 6. órakor közeli együttállásba kerül δ Capricornival, ettől $20'$ -cel északra. Fényessége a hó folyamán +0,3 magnitúdóról $-0,3$ magnitúóra növekszik. Látszó átmérője azonban kicsiny, úgyhogy a felülete még nehezen figyelhető meg.

Hullócsillagok

6-án a gyorsmozgású és hosszú pályájú Aquaridák, 11-e és 14-e között a szintén gyorsmozgású Herculidák és 30-án a gyors és nyomothagyó Pegazidák láthatók.

Június

8-án teljes napfogyatkozás. Csak Új-Zéland szigeteiről és a Csendes-Óceán déli részeiről látható.

Bolygók

Napnyugtakor a nyugati égbolton a *Vénusz* (csak a hó első felében), az *Uránusz* és a *Jupiter* látható. A *Vénusz* az *Ikrek* csillagképében hátráló mozgást végezve gyorsan közeledik a Nap felé, úgyhogy ámbár a hó elején még 3 órával nyugszik a

Nap után, 22-én már alsó együttállásba kerül vele, úgyhogy csak a hó első felében észlelhető. Fényessége 15-én —3,4 magnitúdó, távcsőben pedig mint igen keskeny sarló látható. Az *Úránusz* a kora esti órákban a Rák csillagképben látható előretartó mozgást végezve (L. a térképet az 55. oldalon). A *Jupiter* éjfélkor nyugszik és az éjszaka első felében látható az Oroszlán csillagképben előretartó mozgást végezve. A *Regulus* felé közeledik és a hó végén utóbbihoz egész közel látható. Fényessége —1,4 magnitúdó. Napnyugtakor a keleti égbolton a Szűz csillagképben hátráló mozgást végezve a *Neptunusz* (L. a térképet az 56. oldalon), alatta pedig a Mérleg és a Skorpíó csillagképek között szintén hátráló mozgást végezve a *Szturnusz* látható. Mindkét bolygó az éjszaka első felében figyelhető meg. A *Mars* éjfélkor kel és az éjszaka második felében látható a Vízöntő csillagképben előretartó mozgást végezve. Fényessége és átmérője már gyorsabban növekszik, mint az előző hónapokban, úgyhogy a hó végén előbbi már —1,0 magnitúdó, utóbbi pedig 15". A *Merkur* mint hajnalcsillag látható a hó második felében napkeltekor az Aldebarantól északra, előretartó mozgást végezve. Legnagyobb nyugati kitérésbe 20-án kerül $22\frac{1}{2}^\circ$ távolságra a Naptól. Fázisa és fényessége is növekedőben van. A hó végén a bolygókorong fele látszik megvilágítva, fényessége pedig 0,0 magnitúdó.

Hullócsillagok

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

Július

Bolygók

Napnyugtakor a nyugati égbolton a *Jupiter* látható előretartó mozgást végezve a *Regulus* közelében, amellyel 2-án 9 órakor kerül együttállásba a csillagtól egy fél fokkal északra. A hó közepén 2 órával nyugszik a Nap után, úgyhogy csak az egész kora esti órákban látható. A *Neptunusz* és a *Szturnusz* az éjszaka első felében láthatók. Előbbi 9-ig hátráló, utána előretartó mozgást végezve a Szűz csillagképben, utóbbi hátráló mozgást végezve a Skorpíó és Mérleg csillagképek között. A *Mars* az éjfélelőtti órákban kel és az éjszaka második felében látható a Vízöntő, majd a Halak csillagképében előretartó mozgást végezve. Fényessége a hó végére —1,8 magnitúdó, átmé-

rője pedig 20"-re nő, úgyhogy felülete már megfigyelhető. A *Vénusz* és a *Merkur* (utóbbi csak a hó első napjaiban) a hajnali szürkületben láthatók a keleti égbolton a Bika csillagképben a ζ Tauritól északra. 3-án 20 órakor kerülnek egymással együttállásba, amikor is a *Merkur* 3°-kal látható a *Vénusztól* északra. 6-án 18 órakor a *Vénusz* a *Holddal* kerül együttállásba, ettől 3°-kal délre. A *Merkur* mozgása előretartó és igen gyors, úgyhogy csak a hó első napjaiban látható, mivel gyorsan közeledik a Nap felé, mellyel 19-én kerül felső együttállásba. Fázisa 4-én 0,7, fényessége $-0,6$ magnitúdó. A *Vénusz* 13-ig hátráló, utána előretartó mozgást végez, úgyhogy a hó végén már 3 órával kel a Nap előtt. Fázisa növekedőben van, de azért még keskeny sarlóalakúnak látszik. Legnagyobb fényességét ($-4,2$ magnitúdó) 29-én éri el. Az *Uránusz* 25-én kerül együttállásba a Nappal, úgyhogy e hó folyamán nem figyelhető meg.

Hullócsillagok

8-tól kezdve már láthatók a Perzeidák, 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 közvetlen a horizont közelében a *Merkur* és a *Jupiter* (utóbbi csak a hó első napjaiban az Oroszlán csillagképben előretartó mozgást végezve), valamivel magasabban pedig az *Uránusz* és a *Szturnusz* látható. A *Merkur* az egész hó folyamán előretartó mozgást végez az Oroszlán és utána a Szűz csillagképekben és kb. egy órával nyugszik a Nap után. Legnagyobb keleti kitérésben 30-án kerül 27°-ra a Naptól. 9-én 19 órakor szoros együttállásban látható a *Jupiter*-től, ettől 10'-cel délre. Fázisa a hó elején 0,9, végén 0,5. Fényessége pedig ugyanakkor $-0,8$ és $+0,4$ magnitúdó. A *Neptunusz* előretartó mozgást végez a Szűz csillagképben (L. a térképet az 56. oldalon), és csak az egész kora esti órákban látható. A *Szturnusz* szintén csak a korá esti órákban figyelhető meg a Mérleg és a Skorpió csillagképek között előretartó mozgást végezve. A *Mars* a kora esti órákban kel és 10-ig előretartó, utána hátráló mozgást végez a Halak csillagképében. Fényessége és

átmérője még tovább növekszik, úgyhogy a hó végén már mindkettő (—2,5 magnitúdó és 22,4") nagyobb, mint az 1954-es oppozíciója alkalmával volt. Felülete már jól megfigyelhető, mivel a szeptemberben bekövetkező oppozíciójáig, fényessége és átmérője már csak igen keveset növekszik. A *Vénusz* mint hajnalcsillag látható. 3 órával kel a Nap előtt és az Ikrek csillagképben figyelhető meg előretartó mozgást végezve. Az *Uránusz* a hó utolsó napjaiban már megkereshető a keleti horizont közepében a Rák csillagképben az 56. oldalon közölt térkép segítségével.

Hullócsillagok

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

Szeptember

Bolygók

Napnyugtakor a délkeleti égbolton a Neptunusz meg a Szaturnusz láthatók. A *Neptunusz* előretartó mozgást végez a Szűz csillagképben, de már csak az esti szürkületben látható. (L. a térképen az 56. oldalon.) A hó elején 2 órával, végén már csak egy órával nyugszik a Nap után. A *Szaturnusz* előretartó mozgást végez a β Scorpionishoz közeledve. A hó elején 3, végén 2 órával nyugszik a Nap után. A *Mars* az egész éjszaka folyamán látható a Halak és a Vízöntő csillagképek között hátráló mozgást végezve. 7-én perigeumba (földközébe) kerül 56,5 millió km távolságra a Földtől. Látszó átmérője ekkor lesz a legnagyobb, 24,8". 10-én kerül szembenállásba a Nappal. Fényessége —2,6 magnitúdóig növekszik, úgyhogy a *Vénusz* után a legfényesebb bolygó az égbolton. Ez a szembenállás a század egyik legnagyobb oppozíciója, úgyhogy a *Mars* felülete ez alkalommal igen jól megfigyelhető. A hajnali órákban a *Vénusz* és az *Uránusz* láthatók a keleti égbolton. Az *Uránusz* előretartó mozgást végez a Rák csillagképben (L. a térképet az 55. oldalon), és a hó végén már csak egy fél órával kel éjjel után, úgyhogy a hajnali órákban már jól megfigyelhető. A *Vénusz* szintén előretartó mozgást végez és a hó folyamán az Ikrek csillagképéből kiindulva és a Rák csillagképen áthaladva gyors mozgással közeledik a Regulus felé, miközben 4-én az *Uránusz* alatt 2°-kal délre halad el. 1-én éri el a legnagyobb nyugati kitérését a Nap-

tól, ettől 46° távolságra. Fázisa növekedőben (1-én 0,5, 31-én 0,6), fényessége csökkenő (1-én —3,9, 31-én —3,7 magnitudo). A hó utolsó napjaiban a *Jupiter* újra látható lesz a keleti égbolton az Oroszlán csillagképben előretartó mozgást végezve. Közvetlen napkelte előtt kereshető meg. Fényessége —1,2 magnitudo. A *Merkur* a hó folyamán nem figyelhető meg, mivel 26-án alsó együttállásba kerül a Nappal.

Hullócsillagok

7-től 15-ig a Perzeidák figyelhetők meg.

Október

Bolygók

Napnyugtakor a bolygók közül csak a Szaturnusz és a Mars látható. A *Szaturnusz* előretartó mozgást végez a β Scorpionis felé közeledve és az esti szürkületben figyelhető meg a délnyugati égbolton. A *Mars* a Vizöntő csillagképben tartózkodik, 10-ig hátráló, utána előretartó mozgást végezve. A hó elején 3 $\frac{1}{2}$, végén 2 órával nyugszik éjfél után, úgyhogy az éjszaka első felében még jól megfigyelhető. A Földtől való távolsága mindjobban növekszik, s ezért fényessége és átmérője is gyorsan csökken. A hó végén előbbi már csak —1,3 magnitudo, utóbbi pedig 16". A hó első napjaiban felülete azonban még elég jól megfigyelhető. Éjfél után a keleti égbolton az *Uránusz*, *Vénusz* és *Jupiter* látható. Az *Uránusz* a hó elején éjfélkor, a végén pedig éjfél előtt másfél órával kel és a Rák csillagképben látható előretartó mozgást végezve. (L. a térképet az 55. oldalon.) A *Vénusz* 3 órával kel a Nap előtt és az Oroszlán, később pedig a Szűz csillagképekben figyelhető meg gyors előretartó mozgást végezve. 5-én a Regulustól egy $\frac{1}{2}^\circ$ -kal, 25-én pedig a Jupitertől 13'-cel északra látható. Fázisa növekedő, a hó közepén 0,7, fényessége, mely viszont csökkenőbe van, ugyanakkor —3,7 magnitudo. A *Jupiter* a hó elején másfél órával, végén pedig már 3 $\frac{1}{2}$ órával kel a Nap előtt és az Oroszlán, majd a Szűz csillagképekben látható előretartó mozgást végezve. A *Merkur* 5-ig hátráló, utána előretartó mozgást végez a Szűz csillagképben. 12-én kerül legnagyobb nyugati kitérésbe a Naptól és ekkor megkísérelhető felkeresése a keleti égbolton, napkeltekor. Fázisa és fényessége növekedő, 12-én előbbi 0,5, utóbbi —0,3 magnitudo. A *Neptunusz* 23-án kerül a Nappal együttállásba, úgyhogy e hó folyamán nem figyelhető meg.

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

18-án *teljes holdfogyatkozás*, melynek tőlünk azonban csak az első része látható. Belépés a fél árnyékba 5 óra 0 perckor, belépés a teljes árnyékba 6 óra 3 perckor, a teljes fogyatkozás kezdete 7 óra 8 perckor történik. A fogyatkozás további része tőlünk már nem látható. A fogyatkozás nagysága holdátmérővel kifejezve 1,3.

Bolygók

A *Szaturnusz* a hó első napjaiban még felkereshető a β Scorpionistól 1° -kal északra. Lassú előretartó mozgást végez és 27-én együttállásba kerül a Nappal. A *Mars* az éjfél utáni órákban nyugszik és az éjszaka első felében látható a Vizöntő és Halak csillagképe közt előretartó mozgást végezve. Fényessége és átmérője továbbá is gyorsan csökken, úgyhogy utóbbi a hó végén már csak fele akkora lesz, mint a szeptemberi oppozíció idején. Az *Uránusz* az esti órákban kel és éjfél után kezdve felkereshető az 55. oldalon közölt térkép segítségével a Rák csillagképben, melyben 12-ig előretartó, utána hátráló mozgást végez. Az éjfél utáni órákban a keleti, majd a délkeleti égbolton a *Jupiter*, *Vénusz* és végül a *Neptunusz* válik láthatóvá, melyek közül utóbbi inkább csak a hó második felében figyelhető meg, amikor két, sőt utolsó napjaiban már három órával kel a Nap előtt. (L. a térképet az 56. oldalon.) A *Jupiter* továbbá is előretartó mozgást végez a Szűz csillagképben és a hó elején $2\frac{1}{2}$, a végén 1 órával kel éjfél után. A *Vénusz* közepes sebességű, előretartó mozgást végez a Szűz csillagképben, úgyhogy a Naptól való távolsága csak keveset változik, s ezért az egész hó folyamán 3 órával kel napkelte előtt. Miután 18-án elhalad a Spica felett, 26-án a Neptunusszal kerül együttállásba és utóbbtól $11'$ -el északra látható. Fázisa tovább növekszik (a hó közepén 0,8), fényessége pedig az egész hó folyamán $-3,5$ magnitúdó. A *Merkur* 12-én a Nappal felső együttállásba kerül, és ezért e hó folyamán nem figyelhető meg.

Hullócsillagok

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

December

2-án *részes napfogyatkozás*, melynek egy része tőlünk is látható. Napkeltekor nálunk a fogyatkozás már megkezdődött, de a legnagyobb fázis tőlünk is látható. Adatai Budapestre: legnagyobb fázis, amikor is a Hold a napátmérő 0,46 részét fedi el, 7 óra 57,3 perckor, a fogyatkozás vége pedig 9 óra 8,5 perckor lesz látható. Ugyanezek az adatok egy-két perc hibával egész Magyarország területére érvényesek, mégpedig a fenti jelenségek Budapestről délre és nyugatra haladva valamivel korábban, észak és keletre haladva pedig valamivel később következnek be.

Bolygók

Napnyugtakor az égbolton a Merkúr (csak a hó második felében) és a Mars látható. A *Merkúr* a hó közepén 1, utolsó napjaiban pedig 1½ órával nyugszik a Nap után. Közvetlen napnyugta után látható a délnyugati égbolton. A Nyilas csillagképben előretartó mozgást végezve, mely folyamán 12-én a λ Saggiitariitól 10'-cel északra látható. A hó utolsó napjában 1½ órával nyugszik a Nap után. 25-én legnagyobb keleti kitérésben a Naptól, ettől 20° szögtávolságra. Fázisa és fényessége csökkenő, előbbi 16-án 0,8 és 31-én 0,4. Utóbbi ugyanazokon a napokon —0,5 és +0,2 magnitúdó. A *Mars* éjfél után 1 órával nyugszik és az éjszaka első felében látható a Halak csillagképében előretartó mozgást végezve. Fényessége és átmérője tovább csökken és a hó végén előbbi +0,3, utóbbi pedig 9". Az *Uránusz* a kora esti órákban kel és az egész éjjel folyamán megfigyelhető a Rák csillagképben hátráló mozgást végezve. (L. a térképet az 55. oldalon.) A *Jupiter* éjfélkor kel és az éjszaka második felében látható előretartó mozgást végezve a Szűz csillagképben. Fényessége lassan növekedő, a hó közepén —1,6 magnitúdó. — A *Nep-tunusz*, *Vénusz* és *Szaturunusz* hajnalban látható a keleti égbolton. A *Neptunusz* a hó elején 3, a végén 5 órával kel a Nap előtt és a Szűz csillagképben figyelhető meg előretartó mozgást végezve. (L. a térképet az 56. oldalon.) A *Vénusz* gyors előretartó mozgást végezve áthalad a Mérleg és a Skorpió csillagképeken,

miközben 21-én a β Scorpionistól 20'-cel északra és 26-án pedig a Szaturnusztól 30'-cel északra látható. A hó elején $2\frac{1}{2}$, végén $1\frac{1}{2}$ órával kel a Nap előtt. 29-én 19 órakor szoros együttállásba kerül a Holddal, utóbbtól 10'-cel délre. Fázisa a hó folyamán 0,8-ről 0,9-re növekszik. Fényessége $-3,4$ magnitudo. A Szaturnusz a hó közepétől kezdve újra előtűnik napkelte előtt a délkeleti égbolton, és a hó végén már 2 órával nyugszik a Nap után. A Skorpió csillagképben előretartó mozgást végezve az Antarestől északra, 29-én 13 órakor együttállásba kerül a Holddal, ettől 44'-cel északra. Fényessége 0,7 magnitudo.

Hullócsillagok

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

Guman István

**A MAGYAR TUDOMÁNYOS AKADEMIA
CSILLAGVIZSGÁLÓ INTÉZETÉNEK MŰKÖDÉSE
AZ 1954. ÉVBEN**

Az 1954. év legjelentősebb eseménye az Intézet életében a külföldi kapcsolatok nagyarányú kiszélesítése volt, amit a Szovjet Tudományos Akadémia meghívásai tettek lehetővé. Szovjet meghívásra az Intézet vezetője, két osztályvezetője, két kutatója és egy aspiránsa vehetett részt az újjáépített pulkovo-i csillagda május 22-i ünnepélyes megnyitásán, a Szovjet Csillagászati Tanács által rendezett 11. változócsillag és 11. pozícióasztromonomiai konferencián, valamint a június 30-i teljes napfogyatkozás megfigyelésében. A napfogyatkozás megfigyelésében részben a kiszlovodszki napállomáson, részben a pityigorszki szovjet expedíció keretében vehettünk részt. A tanulmányútról részletes beszámolók jelentek meg az 1954. évi Csillagászati Évkönyvben, a Természet és Társadalom, az Élet és Tudomány, valamint a Magyar Fizikai Lapok hasábjain.

Október 26— november 1. között, ugyancsak a szovjet Akadémia meghívására, Detre és Izsák résztvett a moszkvai 4. kozmogóniai konferencián és az új Sternberg Intézet megnyitásán. A konferenciáról beszámoltunk a Magyar Fizikai Társulat egyik előadó ülésén.

A mátrai fiókinézet számára rendelt Schmidt-rendszerű tükröteleszkóp konstrukcióját részletesen megbeszéltük a Zeiss-gyár csillagászati osztályának Budapestre kiküldött vezetőjével, dr. Güssow-val. A tervek szerint a műszer 1957. végére készül el.

Beruházási keretünkéből megrendeltünk a Zeiss-Művektől egy modern „Uhran” óragépet a 16 cm-es asztrográfhhoz, beszereztünk egy R. C. A. 1 P21 elektronsokszorozó csövet és egy esztergapadot.

A könyvtár állománya 600 kötettel szaporodott. A könyvtárat továbbra is G. Kovács Tibor kezelte.

Az *Intézet személyzete*. Az ősszel megejtett racionalizálás kapcsán megszűnt az Intézet III. osztálya, amely kutatóinak és különösen vezetőjének nagyarányú egyéb elfoglaltsága miatt működésében amúgy is erősen korlátozva volt. Az osztály munkakörét részben az I. osztály vette át, amely mint sztellárasztronómiai osztály működik tovább. Így a létszám egy osztályvezetői (félállás), egy tudományos munkatársi és egy segédmunkatársi állással csökkent, másrészt az 1954. évi költségvetésben kapott egy tudományos munkaerői állással bővült. Az év végére a személyzet így alakult:

Igazgató: Detre László.

I. Sztellárasztronómiai osztály. Vezető: Detre László, tudományos munkatársak: Balázs Júlia, Csada Imre, Guman István, Herczeg Tibor, tudományos munkaerők: Elter Dezső, Geffert Károly (új állás), Lovas Miklós.

II. Napfizikai osztály. Vezető: Dezső Lóránt, 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, G. Kovács Tibor könyvtáros (fél évig), Komoróczy Júlia gépiprónő, Tamás János gépkocsivezető, Iváncsik Miklós betanított munkás, Ivancsikné Guba Borbála hivatalsegéd, Horváth József kertész (fél évig).

Az Intézetben négy aspiráns nyer kiképzést. Izsák Imre égi mechanikai, Ozsváth István sztellárstatisztikai, Almár Iván változócsillag, Balogh Károly asztrofizikai témakörrel.

Az Akadémia lehetővé tette 5 ösztöndíjas foglalkoztatását, akik közül kettő (Falvai Valéria, Vigassy József középiskolai tanárok) az I. osztályon, három (Lovas Bernadette, középiskolai tanár, Magyar János a Kecskeméti Uránia tagja és Róka Gedeon, a TTIT Központi Csillagászati szakosztályának titkára) a II. osztálynak dolgozott.

Tudományos munka és eredmények. I. osztály. Az 1954. évben a derült esték száma kevesebb volt, mint bármikor az Intézet fennállása óta. Emiatt a megfigyelési munka erősen alatta maradt az 1953. évinek.

A változócsillagok, elsősorban az RR Lyrae-csillagok vizsgálatát tovább folytattuk és pedig a 16 cm-es asztrográfon és a 60 cm-es tükrörteleszkópon. Utóbbin az új 1P 21 multiplier meg-

érkezése után az eddiginél lényegesen gyengébb csillagokat tudtunk megfigyelni és amellet a mérés pontosságát is sikerült fokozni.

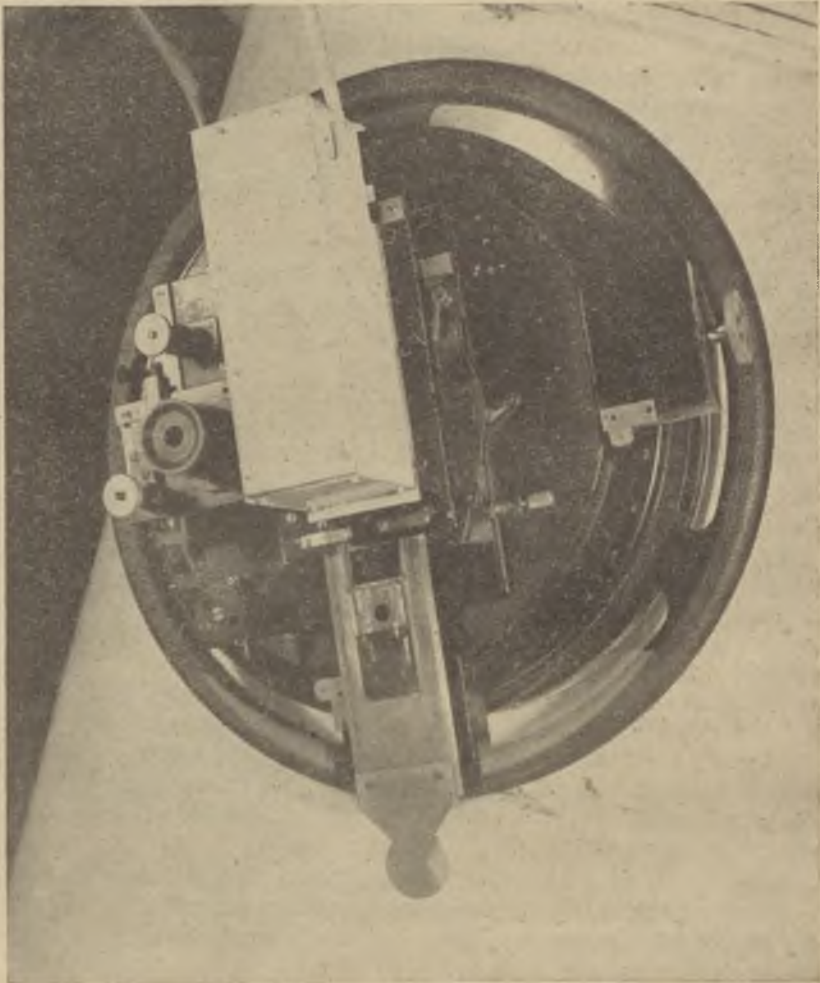
A 16 cm-es asztrográfon most főleg az RR Lyrae-csillagok periódusa és amplitudoja közti összefüggést vizsgáltuk, valamint a csillagok főperiódusának periódikus és szekuláris változásait. A megfigyeléseket itt most már teljesen a segédszemélyzet látja el, a kutatók csak ellenőrzik munkájukat. Így a kutatók jobban tudták koncentrálni magukat a reflektoron folyó kényesebb természetű fotoelektromos munkákra, valamint az anyag kiértékelésére.

Az asztrográfon készült felvételekről az alábbi táblázat nyújt áttekintést, míg az ezt követő táblázat a fotoelektromos megfigyelések összeállítását tartalmazza. Ezek szerint 1954-ben 38 RR Lyrae-csillagról 2523 felvételt és 5799 fotoelektromos megfigyelést kaptunk. Ezenkívül a gömbhalmazokban levő RR Lyrae-csillagok vizsgálatára a M3, M5, M15 és M56 halmazokról Elter 24, Gefferth 9, Lovas 176 felvételt készített.

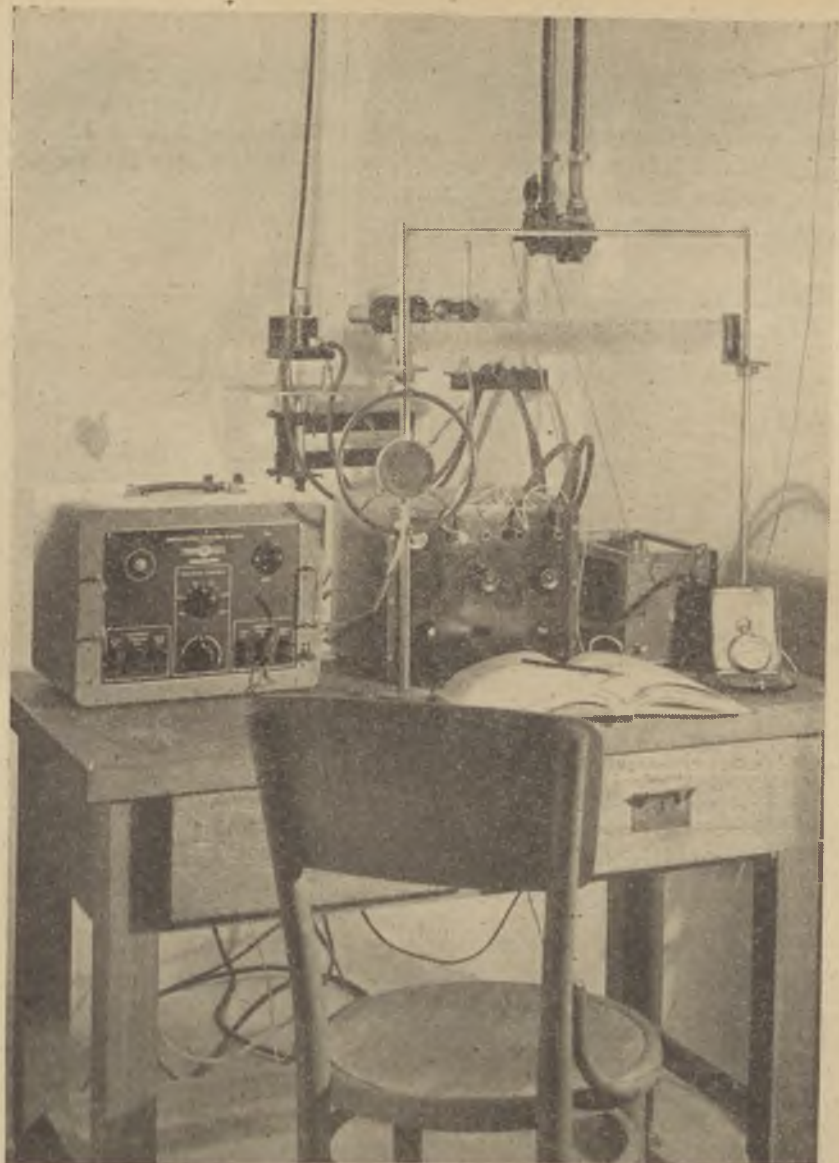
Az év folyamán az RR Lyrae-csillagokról a következő eredményeket kaptuk:

1. Guman feldolgozta a VZ Cancri ultrarövidperiódusú RR Lyrae csillagról kapott fotoelektromos anyagot. A csillag amplitudója rendkívül erősen ésépedig periódusosan változik. A szekundér periódus is igen rövid, 0^d7 . A Blasko effektus amplitudója sem állandó, hanem kb. 3 éves periódussal változik. Az eredmények különösen azért jelentősek, mert az északi éggömbön VZ Cancri az egyetlen ilyen csillag és amellet erős fényessége lehetővé teszi majd részletes spektrografikus megfigyelését. Éppen ezért az eredményekről rövid előzetes közleményt küldtünk be az I. A. U. Circularhoz, míg az év végére elkészült részletes német nyelvű kéziratot az intézeti kiadványok 36. számaként jelentetjük meg.

2. Miután még 1953-ban elkészültünk az SW Andromedae-re vonatkozó budapesti fotografikus és fotoelektromos megfigyelési anyag feldolgozásával, 1954-ben végig analizáltuk a csillagról rendelkezésre álló igen nagy külföldi anyagot. Kiderült, hogy a budapesti anyagból elsőnek nyert érdekes eredmények a legtöbb külföldi anyagból is kimutathatók, de a külföldi szerzők meglepő módon ezeket nem vették észre. A külföldi anyagnak a budapestivel való kombinációjából most így igen pontosan lehetett meghatározni a szekundér periodicitásokat (Balázs—Detre)

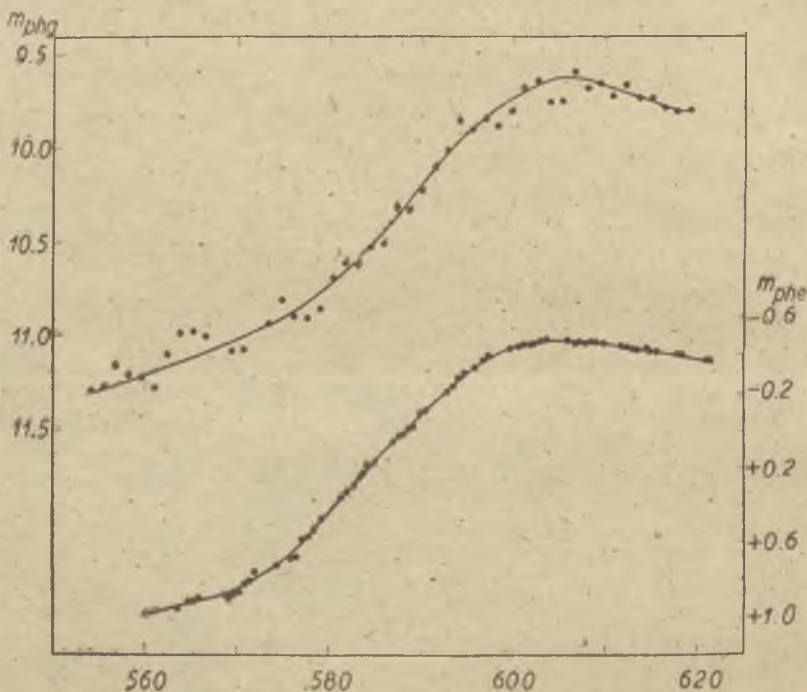


1. ábra. A fotoelektromos fotométer multiplier-kazettája a 60 cm-es reflektor Newton-fókuszában. A színszűrők elhelyezésére szolgáló tartók kihúzott állapotban a kép alsó részén láthatók.



2. ábra. A fotoelektromos fotométer mérőberendezése. Az asztalon baloldalt van az erősítőhöz tartozó stabilizátor, középen az erősítő, jobboldalt a multiplierhez tartozó stabilizátor. A háttérben látható a galvano-méter, amelynek kitérését az asztalon elhelyezett skálán olvassák le. A mikrofon a távesőnél tartózkodó észlelőhöz vezet.

3. RR Leo-ra vonatkozó 22 évi fotografikus megfigyelési anyagunkból kimutattuk, hogy a főperiódusban mutatkozó 33 éves egyenlőtlenesség együtt jár a fénygörbe változásával. Ma a fénygörbe felszálló ága fél órával hosszabb ideig tart, mint 1935-ben, amikor ez a csillag mutatta a legmeredekebb fényességnövekedést az összes RR Lyrae-csillagok közül (Balázs).



3. ábra. RR Leonis egyidejű fotografikus (fenn) és fotoelektromos (alul) megfigyelése. Az ábra jól mutatja a fotoelektromos módszerrel elérhető nagyobb pontosságot. (Balázs Julia eredményei alapján.)

4. Az RR Lyrae-csillagok főperiódusában mutatkozó változások általános vizsgálatához feldolgoztuk egész irodalmukat. Kiderült, hogy mindössze 69 ilyen csillagnál lehet kielégítő periódusanalizist elvégezni, éspedig fele részben a budapesti anyag alapján. A 69 csillag közül 19-nél nem mutatkozik kimutatható periódusváltozás, 11-nél a periódusváltozás tiszta periódusos. A 39 szekuláris periódusváltozást mutató csillag közül csak 5-re kaptunk perióduscsökkenést, míg 34-re periódusnövekedést. Így,

Kimutatás a 16 cm-es asztragrafion készült felvételekről.

	Exp. idő	Géfferth	Szat. ó	Lóvas	Elter D.	Összesen
XX And	4	116	—	16	—	132
AC And	4	297	—	—	—	297
AT And	5	20	—	—	—	20
RV Ari						
RW	5	118	—	—	—	118
TZ Aur	5	55	—	—	—	55
RW Cnc	4	43	—	—	—	43
SS Cnc	6	25	—	—	—	25
RV CVn	6	6	—	—	—	6
HU Cas	10	103	—	—	—	103
AA CaM	10	12	—	—	—	12
AQ Cep	8	—	—	—	69	69
RR Cet	3	—	20	—	—	20
S CoB	5	—	—	6	—	6
XX Cyg	4	12	—	—	—	12
SU Dra	3	82	100	—	—	182
SW Dra	3	51	50	—	—	101
RW Dra	4	512	—	—	—	512
WY Dra	6	100	—	—	—	100
SZ Gem	5	16	—	—	—	16
RR Leo	3	75	—	—	—	75
UZ Leo	3	—	78	—	—	78
EH Lib	3	13	—	—	—	13
RZ Lyr	4	128	—	—	—	128
EZ Lyr	4	31	—	—	—	31
KX Lyr	4	318	—	—	—	318
RW Mon	3	6	—	—	6	12
SS Tau	10	39	—	—	—	39
Összesen		2178	248	22	75	2523

Kimutatás a fotoelektromos észlelésekről

	Balázs Lovas	Detre Lovas	Guman Lovas	Herczeg Elter D.
SW And	603			
AC And			860	
CY Aqr	632			
ε Aur				42
VZ Cnc			1205	
RW Dra	221			
RR Gem	100	254		
RR Leo		322		
AR Per	707			
AV Peg	261			
DY Peg	361			
AH Tau			141	42
Összesen	2075	576	2206	42

bár külön-külön egyetlen RR Lyrae csillagnál sem lehet biztosra venni, hogy a szekuláris változás nem csupán egy igen hosszú periódusú periódusos változás egy rövid szakasza, a periódusnövekedések erős túlsúlya arra mutat, hogy az RR Lyrae csillagok periódusváltozásának legalábbis egy része fejlődésszerű. Egybevetve ezt az eredményt a gombhalmazokban levő RR Lyrae csillagok periódus-amplitúdó-relációjában mutatkozó szisztematikus különbségekkel, következtetni lehet arra, hogy egy csillagrendszerben a különböző periódusú RR Lyrae csillagok milyen sorrendben jelennek meg. Ezekről az eredményekről Detre beszámolt a moszkvai IV. kozmogóniai konferencián.

Falvai (ösztöndíjas) elkészült az M15-ről való felvételi anyagunk $\frac{2}{3}$ -ának fotoelektromos kimérésével és redukálásával. Oszváth megkezdte az M3 feldolgozását. Mindketten elsősorban a halmazokban levő nagyszámú RR Lyrae változó periódusváltozását tanulmányozzák.

A csillagok belső szerkezetére vonatkozó elméleti vizsgálatok keretében Csada az eddiginél általánosabb feltételek mellett vizsgálta a csillagok egyensúlyát. A tengelyforgás és meridionális áramlások mellett hozzávett egy dipólus típusú és egy toroidális mágneses teret. Az elmélet kapcsolatot ad a csillagok turbulens sebessége és a forgási sebesség között, amellyel a megfigyelések egyezni látszanak.

Az osztály tagjai az év folyamán a következő tudományos dolgozatokat készítették el:

Balázs—Detre: Untersuchungen über die Perioden- und Lichtkurvenänderungen von kurzperiodischen Delta Cephei-Sternen. VIII. SW Andromedae (Budapest Mitt. 33.).

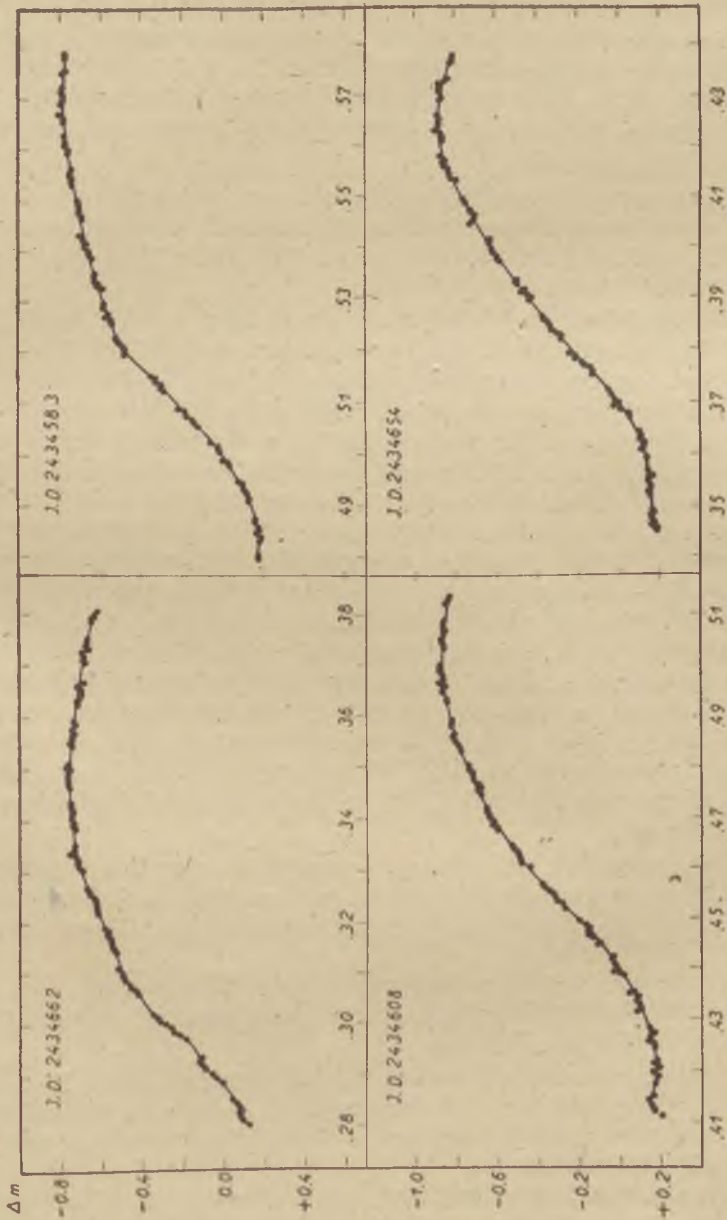
Detre: The Problem of RR Lyrae-stars with multiple periodicities. Vistas in Astronomy II. (felkérésre).

Detre: Über den Blazko-Effekt (Die Sterne 1954. nov.) (A pulkovói változócsillag-konferencián tartott előadás kivonata. Az előadás teljes terjedelemben az MTA III. Osztályának közleményeiben jelent meg.)

Detre: Über die Periodenänderungen der Cepheiden (beküldve a Voproszi Kozmogónii számára. A moszkvai IV. szovjet kozmogóniai konferencián tartott előadás.)

Guman: VZ Cancri, ein RR Lyrae-Stern mit sehr kurzer sekundärer Periode (Budapest Mitt. 36, előzetes közlemény, I. A. U. Circ).

Csada: The theory of magnetic stars (Budapest Mitt. 37.).



4. ábra. RR Lyrae különböző maximumai Detre fotoelektromos megfigyelései alapján. Jól látható a fénygörbe változása.

Vigassy (ösztöndíjas) elkészült a kettőscsillagok fotometriájára vonatkozó katalógussal. Ez alapját képezi annak a vizsgálatnak, hogy az egyes megfigyelők közti nagy eltérések mennyiben magyarázhatók a komponensek közti szinkülönbségekkel.

Gefferth összeállította az RR Lyrae és a Mira-változók teljes irodalmi jegyzékét.

II. osztály. Folytattuk a napprotuberanciák statisztikai jellegű vizsgálatait. Ehhez további táblázatokat számítottunk, így többek között a perotuberanciák magasságától függő láthatóságaira vonatkozólag (Dezső, Gerlei).

Egyes foltok és foltcsoportok statisztikai jellegű vizsgálata keretében vizsgáltuk az umbra és penumbra fejlődése közti eltéréseket. Amikor az umbra területe növekszik és eléri maximumát, az umbra a penumbrához viszonyítva általában nagyobb, mint amikor az umbra területe csökken. Azonkívül, minél nagyobb egy folt umbrájának területe, annál nagyobb hozzá viszonyítva a penumbra. A legérdekesebb eredményünk ezzel kapcsolatban az, hogy napfoltmaximum idején a penumbrák az umbrákhoz képest általában nagyobbak, mint napfoltminimum idején. Így a naptevékenység ezekkel a területi viszonzyszámokkal is jellemezhető (Dezső, Gerlei).

Ösztöndíjasok igénybevételeivel (Lovass, Magyar, Róka) tovább folytattuk a foltok és foltcsoportok fejlődésének vizsgálatát. Ez évben az 1923—24, és 1930-as évi megfigyelési anyagot dolgoztuk fel. Boskovits önkéntes munkatárs az 1934. évi jelentősebb foltcsoportok fejlődési diagrammjaikat készítette el. Ezenkívül Nagy még több mint 700 foltcsoport fejlődési grafikonját készítette el.

Megvizsgáltuk a napfoltokra vonatkozó nagyobb megfigyelési sorozatokat megbízhatóságuk és homogenitásuk szempontjából, hogy megállapítsuk felhasználhatóságukat (Dezső, Mersits).

Az 1946. IX. 13-i protuberanciáról készült climaxi-film kimérését a gázcsomók mozgási törvényszerűségének vizsgálatára befejeztük (Gerlei, Mersits).

Foltcsoportokról az intézet fotohéliográfján Dezső 11, Gerlei 215, Nagy 243 felvételt készített. A felvételek technikáját annyiban változtattuk, hogy értékesíteni lehessen őket a szovjet napszolgálat számára is.

Napfelületi jelenségek napi változásainak megállapítására Dezső 8, Gerlei 45, Mersits 5, Nagy 230 fotoszféra-rajzot készí-

tett. A TTIT miskolci Uránia Csillagvizsgálójától Szabó Gyula tanár és munkatársaitól 171 észlelési lapot kaptunk feldolgozásra.

Összerendeztük és katalogizáltuk az 1872—1919 közötti évekről fennmaradt magyarországi napfolt- és fáklya megfigyelési anyagot.

III. osztály (októberig). Megvizsgáltuk a radiális sebességek szórását a következő 9 csillagtársulásban: Perseus I—II, Monocerus I—II, Scorpius Cygnus I—II, Cepheus II, Lacerta. Egy kivételével mindegyikben a diszperzióknak a perem felé való csökkenése adódott, megfelelően a tágulás-hipotézisnek (Herczeg).

Kiszámítottuk a 13 Ceti, And A13 és 10 Ari kettőscsillagok pályáját a Zwiers-féle grafikus eljárással (Herczeg).

Az év folyamán a Hold által okozott csillagfödések adatait beküldtük a Nautical Almanac Office-nak (Szabó, Guman).

Egyéb munkák. A június 31-i teljes napfogyatkozás alkalmával a kiszlovodszki napállomáson a szovjet csillagászok által rendelkezésre bocsátott műszerekkel, Dezső, Csada és Herczeg 2 napkorona-felvételt készített.

A heidelbergi Astronomisches Recheninstitut kérésére 12 kisbolygó pontos pozícióját számítottuk ki régebbi felvételeink alapján (Ozsváth).

A bukaresti csillagda kérésére két pólusátvitellel meghatároztuk RW Mon összehasonlítóinak magnitudoit (Balázs).

A Magyar Tudományos Akadémia által márciusban rendezett csillagkozmozgóniai ankéton Detre tartotta a bevezető előadást és az intézet kutatói közül Csada, Földes és Herczeg szoltak hozzá.

Az ugyancsak az Akadémia által rendezett októberi meteorológiai kongresszuson Dezsőnek négy hosszabb felszólalása hangzott el a Nap és az időjárás-rendellenességek kapcsolatáról.

A budapesti Eötvös Loránd Tudományegyetemen Földes és Herczeg, a szegedi egyetemen Földes, a debrecenin Herczeg látta el a csillagászati előadásokat.

Az intézet kutatói erősen kivették részüket a TTIT népszerűsítő és felvilágosító munkájából.

Az Országos Földmérési Intézet felsőgeodéziai osztályának csillagászati csoportja Biff Imre vezetésével két ízben több héten keresztül végzett az intézet meridiánházában földrajzi hosszúságmeghatározásokat.

Az Országos Meteorológiai Intézetnek az intézet területén levő I. osztályú állomásának munkakörét Iváncsik látta el.

Az intézet mechanikai műhelye Elter tervei szerint egy reprodukciós készüléket készített, modernizálta a könyvtár világítását, azonkívül több munkát végzett a vidéki Uránia csillag-dák számára is.

Az intézet dolgozói közül Gerlei és Káldorné látogattak esti egyetemi tanfolyamokat.

Detre László

A TÁRSADALOM- ÉS TERMÉSZETTUDOMÁNYI ISMERETTERJESZTŐ TÁRSULAT CSILLAGÁSZATI ÉS MATEMATIKAI SZAKOSZTÁLYÁNAK MŰNKÁJÁRÓL

A Társadalom és Természettudományi Ismeretterjesztő Társulat központi csillagászati és matematikai szakosztálya 1953 októberében alakult meg.

A. szakosztály tagjai:

Elnök: dr. Detre László, az MTA Csillagvizsgáló Intézete igazgatója.

Elnökhelyettesek: Dezső Lóránt kandidátus, osztályvezető, Vincze István kandidátus, az Alkalmazott Matematikai Intézet h. igazgatója.

Munkabizottság vezetők: Földes István kandidátus, egyetemi docens, Herczeg Tibor tudományos kutató.

Almár Iván aspiráns, Balázs Júlia tud. kutató, Balogh Károly aspiráns, Berkes Zoltán kandidátus, osztályvezető, Csada Imre tud. kutató, id. Csada Imre ny. középisk. igazgató,* Erdősi József műsz. egyetemi adjunktus, Guman István tud. kutató, Izsák Imre aspiráns, Kulin György műsz. egyetemi adjunktus, Ligeti Béla tanszékvezető, Marx György Kossuth-díjas, kandidátus, Ozsváth István aspiráns, Rényi Alfréd Kossuth-díjas, akadémiai levelező tag, egyetemi tanár.

Róka Gedeon titkár, Sinka József munkatárs, Rácz Gusztávné adminisztrátor.

A központi szakosztály feladata a csillagászati és matematikai tudományok népszerűsítésének irányítása, a fontosabb és érdekesebb témákról olyan előadási útmutatók, szemléltetőeszközök (diapozitív filmsorozatok, falitáblák) kidolgozása, amelyek országos viszonylatban is felhasználásra kerülnek.

* Elhunyt 1955. aug.

A központi szakosztály keretében alakult három munkabizottság a következő előadási útmutatókat szerkesztette:

Az általános népszerűsítő munkabizottság Földes István vezetésével:

Mit tudunk az üstökösökről (Balázs Júlia).

A Föld mint óra (Csada Imre).

A Nap és földi hatásai (Dezső Loránt).

Honnan ered a Nap melege? (Marx György).

A Mars bolygó (Kulin György).

A kozmogóniai és tudománytörténeti munkabizottság Herceg Tibor vezetésével:

Az égitestek kora (Ozsváth István).

Hogyan határozták meg az égitestek távolságát? (Izsák Imre).

A matematikai munkabizottság Vincze István, illetve Ligeti Béla vezetésével:

A valószínűségszámítás (Medgyessy Pál—Vincze István).

A geometria és a gyakorlati élet (Erdősi József).

A kozmogóniai és tudománytörténeti munkabizottság keretében Kulin György 50 képes önálló diasorozatot állított össze „Hogyan ismertük meg a világmindenséget?” címmel, amely az elmúlt 5000 év csillagászatának főbb állomásait mutatja be. Szemléltető diasorozat készült továbbá az Üstökösök, a Nap és földi hatásai, az Égitestek kora, falitábla pedig az Üstökösök és a Hogyan határozták meg az égitestek távolságát c. előadásokhoz.

A munkabizottságok az előadási útmutatókat, szemléltető eszközöket megvitatták, ami biztosította, hogy az előadók mind tudományos, mind népszerűsítési szempontból a legmegfelelőbb tájékoztatást kapják.

A központi szakosztály szerkeszti az évről évre megjelenő Csillagászati Évkönyveket, amelyben az érdeklődők megtalálják a legfontosabb csillagászati táblázatokat, beszámolókat a csillagászat legújabb eredményeiről. A szakosztály emellett „Meteor” címen kéthavonta megjelenő belső értesítőt ad ki, egyelőre csak sokszorosított formában a szakosztályok tagságának részére. A Meteor ez idő szerint az egyetlen csillagászati folyóirat hazánkban és már történetek lépések az irányban, hogy nyilvános terjesztésre is kerülhessen. Ilyen folyóirat megindítása a csillagászat iránt érdeklődők összefogására és rendszeres tájékoztatására már igen kívánatos lenne.

A központi szakosztály mellett működő Uránia Bizottság

tagjai „Gyakorlati csillagászat” címen összeállították a műkedvelő csillagászok megfigyelési útmutatóját. Ebben változócsillag, Nap, rádiófading, fedési, fogyatkozási és még több más egyszerű eszközökkel is elvégezhető megfigyelésre adnak gyakorlati útmutatást.

A szerkesztési munkákhoz tartozott még a budapesti Vidám Park volt képtárának helyiségében rendezett csillagászati kiállítás forgatókönyvének és a kiállításhoz „Utazás a bolygók között” című ismertetőfüzet összeállítása.

A szerkesztési munkákon kívül a központi szakosztály rendezi a budapesti Uránia Bemutató Csillagvizsgáló őszi és tavaszi ismeretterjesztő előadássorozatait, a nyárvégi csillagászati heteket és más csillagászati előadássorozatokat. 1955 tavaszán a MEDOSZ budapesti székháza színháztermében rendeztek 6 előadásból álló sorozatot, „A csillagászat időszerű kérdései” címmel. Az előadássorozatok alkalmával és más alkalmakkal is a központi szakosztály csillagász tagjai tevékenyen részt vettek előadások tartásában. A csillagászat iránt megnyilvánuló nagy érdeklődés és az a tény, hogy hazánkban csak egy tudományos csillagászati intézet működik, szükségessé tette, hogy a központi szakosztályi tagok az alapszabályban megjelölt 2 előadás kötelezettségén messze túlmenőleg tartsanak Budapesten és vidéken is előadásokat. Az 1954. évi csillagászati hét óta eltelt időszak egyes kiemelkedőbb előadásai:

Detre László: Űstökösök, meteorok (Budapest, Vörös Csillag filmszínház).

Detre László: A csillagászat legújabb eredményei (Szombathely).

Detre László: A csillagászat és matematika határterületei (Győr).

Dezső Loránt: Napfizikai kutatások és gyakorlati jelentőségük (Baja).

Kulin György: Ötezer év csillagászata (Miskolc).

Izsák Imre: Csillagok világa (Zalaegerszeg).

A csillagászat időszerű kérdései sorozat előadásai:

Kulin György: Hogyan ismertük meg a világmendenséget?

Kulin György: Legújabb kutatások a Mars bolygóról.

Zerinváry Szilárd: Nap, Föld, Emberiség.

Detre László: Az óriástávcsövek eredményei.

Dezső Loránt: Rádió és csillagászat.

Herczeg Tibor: A csillagászat távolabbi lehetőségei.

A matematikai előadások most kezdenek szélesebb körben megindulni. Igen jól sikerült előadást tartott Obláth Richárd Egerben Gaussról.

Budapesti szakosztály

A társulat budapesti szervezetének földrajz—geológia—csillagászati szakosztályának elnöke Dombai Tibor Kossuth-díjas geofizikus, társelnöke pedig Kulin György. A csillagászati munkabizottság vezetője Tóth Aurél.

Ez a munkabizottság élénk tevékenységet folytat. Állandó napirenden van az önállóan kidolgozott előadások kollektív megvitatása, szakmai és didaktikai szempontból. E megbeszélések igen termékenyek és nagyban hozzájárulnak az előadások színvonalának emeléséhez, a közönség igényeinek messzemenő kielégítéséhez. A viták jelentőségéről számot ad azoknak az előadásoknak a jó tapasztalata, amelyeket e munkabizottság tagjai tartanak, akik egyben a budapesti területi ismeretterjesztés munkáját végzik. Egyik igen szép és színvonalas vita Borsányi Imre: Kozmikus kráterek a Földön c. anyagának megbeszélésén alakult ki.

A nyár folyamán ugyancsak a budapesti szakosztály sétákat rendezett és rendez az Akadémiai, valamint az Uránia Csillagvizsgálóba. E látogatások időpontjait plakátokon tettük és tesszük közzé, a budapesti tudományos és kutatóintézetekbe rendezett látogatások műsorának keretében.

Megyei szakosztályok

Míg a központi szakosztály legfontosabb feladata a napirenden levő érdekes és aktuális kérdések előadásra alkalmas kidolgozása, a budapesti és megyei szakosztályok segítése, támogatása, a közönség részére szolgáló füzetek és ismertetések kiadása, tehát általánosan a munka összefogása és irányítása, addig a közvetlen ismeretterjesztés ez utóbbi szakosztályoknál folyik. Munkájuk tehát nem kevésbé jelentős és felelősségteljes, mint a központi szakosztályé. A velük fenntartott rendszeres kapcsolat és tapasztalatcsere nagyban hozzájárul ahhoz, hogy a központi szakosztály helyesen válassza meg azokat a feladatokat és módszereket, amelyek azután a csillagászati és matematikai ismeretterjesztés irányvonalát képezik.

A jó munka elismerése megmutatkozik abban is, hogy Edeleányi Elemért, a budapesti Uránia munkatársát, valamint Szabó Gyulát, a miskolci Uránia vezetőjét hazánk felszabadulásának 10. évfordulóján a népművelési miniszter lelkes és áldozatkész munkájukért „Szocialista Kultúráért” jelvénnel tüntette ki.

Eredményeink egyik beszédes mutatója még, hogy a 929 előadásunkat 62 308 érdeklődő hallgatta meg. Összehasonlítva ezt az elmúlt évek hasonló időszakból eredő statisztikáival, megállapíthatjuk, hogy az érdeklődés előadásaink iránt töretlenül tovább fejlődött. Ez egyben rávilágít arra is, hogy miért fontos munkánk jó megszervezése és a színvonal állandó emelése.

Vidéki szakosztályaink munkája is örvendetes fellendülést mutat. Különösen szép tevékenységet fejt ki a miskolci szakosztály, ahol a budapesti Urániához hasonló előadássorozat már meg is indult az érdeklődők igényeinek kielégítésére. A miskolci és a budapesti szakosztály, valamint a budapesti Uránia közt megállapodás jött létre, amely szerint a miskolci csoport a másik két résztvevő támogatásával az Uránia típus távcsövének mintájára 30 cm átmérőjű reflektort készít. A terveket, öntőmintákat és az optikát a budapesti Uránia bocsátja rendelkezésre. Ennek fejében a miskolci szakosztály öntvényeket ad az Uránia műhelyének. A távcső a miskolci Uránia tavaly megépült kupolájában nyer elhelyezést.

A debreceni szakosztály a budapesti Urániában rendezett klubestékhez hasonló rendezvényekkel próbálkozik, amelyek a jelek szerint sikerre fognak vezetni.

Rövidesen megindul teljes lendülettel a bajai Uránia tevékenysége is, miután a távcsőkészítés munkálatai is befejeződtek az ugyancsak tavaly elkészült kupolában.

A veszprémi szakosztály kupola építését tervezi, amelyhez a 20 cm-es Coude-távcsövet a budapesti Uránia műhelye készíti.

Általánosan megindulóban vannak az olyan jellegű szakosztályi ülések, amelyeket a budapesti szakosztály már régebben tart. Ezek is minden bizonnyal az ismeretterjesztő munka színvonalának további emelkedését fogják eredményezni.

Eredménynek könyvelhetjük el, hogy néhány vidéki szakosztályunk is — mint pl. a kecskeméti — eljutott a falura is, ahol igen nagyszámú érdeklődő előtt szép sikerrel tartott előadásokat.

Sajnos, a szervezés, előadásaink megfelelő propagálása területén vidéken talán még nagyobb nehézségek mutatkoznak, mint a fővárosban.

A központi szakosztályvezetőség javaslatára megindított 1 éves csillagászati levelezőtanfolyam konferenciái szép eredménnyel zárultak. Ezen a tanfolyamon vidéki szakosztályunk munkatársai vesznek részt, és itt adódik alkalom számukra szak tudásuk fejlesztésére, tapasztalataik személyes kicserélésére.

Beszámolhatunk arról is, hogy vidéken a matematikai ismeretterjesztés megindítása területén — legalábbis helyenként — jelentősebb eredményeket értek el, mint Budapesten. Sajnos, még ezek az eredmények nem kielégítőek. A próbálkozások azonban azt mutatták, hogy az igények ezen a területen is igen komolyak. Éppen ezért célszerű a munka kiterjesztése nemcsak vidéken, de Budapesten is. A kezdetben néhol megmutatkozó sikertelenség vagy a szervezés kudarca inkább a mi hibánknak tekinthető. Ez állítja eléink azt a feladatot, hogy ezt a munkát több körültekintéssel kell elvégeznünk.

Sinka József

A BUDAPESTI URÁNIA BEMUTATÓ CSILLAGVIZSGÁLO

A Gellérthegy tabáni magaslatán áll immár nyolcadik esztendeje az Uránia Bemutató Csillagvizsgáló. Azóta közel százötvenezer vendége volt ennek az intézménynek.

Kapuja mindennap nyitva áll az érdeklődők számára.

Az Uránia ma már az iskolai és iskolán kívüli természettudományos oktatás nélkülözhetetlen szerve.

A jelen beszámoló egy év munkáját öleli fel, közelebbről a múlt év ősztől az idei nyárig terjedő időszakot foglalja magában.

Az 1954-es Csillagászati Hét

A szabadtéri előadások történetében egy nagyszerű kezdeményezés második próbája volt az 1954. aug. 30—szept. 5-ig lezajlott csillagászati hét. Nagyszerű volt a környezet és kivételesen szép volt az idő. Közvetlenül a Sánc utcai Uránia mellett elterülő fennsíkron állt a kötélkordonnal elkerített rét a padokkal, dobogóval. A felszerelést a sátrakkal együtt a honvédség bocsátotta rendelkezésre. Fésztői volt a környezet is, háttérben a Citadella, a Vár s a Gellérthegy üdezőld fái, lent a szürkületbe vesző város s az alkonyati égen felsorakozó csillagok. Az utánozhatatlan természetes kulisszát a ragyogó Vénusz, a Mars és a telő Hold tették teljessé.

Nagy volt a közönségsiker is. Közel ötezer ember fordult meg a hét előadáson. Minden előadást filmvetítés kísért.

Estéről estére ott láttuk a munkájából hazatérő fizikai munkást, az üzemek és hivatalok dolgozóit. A komoly érdeklődők taborát sötétedéskor a filmvetítésre összesereglett gyerekhad egészítette ki.

Az esték programja: a csillagászat kutatómunkáját és eredményeit ismertető előadás, a feltett kérdések megválaszolása, csillagászati hangosfilm vetítése és az éjszakába nyúló távcsöves bemutatás az Uránia terrasán,

Nem volt könnyű dolguk az előadóknak. A szakkifejezések mögött rejlő fogalmakat egyszerű, érthető nyelvezetben kellett tolmácsolniok. Ennek az igen lényeges problémának megoldása felé a csillagászati hét feltétlen haladást mutatott.

Detre László dr. előadásából tudtuk meg, hogy a modern csillagászat új műszerei, a radar, a rádió és a rakéta olyan természetű kérdésekre adtak már eddig is választ, amelyekre az optikai műszerek nem válaszolhatnak. E műszerek és eszközök nagyméretű fejlődését az elmúlt világháború eredményezte. Amikor a fegyverek elhallgattak, a pusztító és önvédelmi fegyverek a csillagászati kutatás eszközeivé lettek.

A csillagászat és a mindennapi élet kapcsolatait tárta fel Zerinváry Szilárd. Ez a kapcsolat nem merül ki a tér- és időbeli tájékozódás problémáiban. A Kozmosz laboratóriumában olyan fizikai viszonyok uralkodnak, amelyeket a Földön nem lehet előteremteni. Ma már a csillagászat együtt dolgozik a meteorológiával, biológiával, geofizikával, a fizikával és a kronológiával.

A bolygók közötti közlekedés örök emberi vágyáról, annak történetéről és tudományosan megalapozott lehetőségeiről, valamint a legújabb kísérleti eredményekről számolt be Dala László.

Ragyogó példája volt Marx György előadása annak, hogy a következetes tudomány miként oldotta meg tisztán elméleti úton az atomenergia felszabeditásának kérdését. A Napról beszélt, mint az atomenergia-termelés természetes forrásáról. Az életadó napenergia ellesett utánczata a pusztító hatású hidrogénbomba. A benne lejátszódó gyors folyamat lelassításán dolgoznak a tudósok, hogy ezt az energiaforrást is a békés célok szolgálatába lehessen állítani. Megnyugtató az előadó bennünket, hogy a Nap még évmilliárdokig változatlan mennyiségű hőenergiával árasztja el a Földet.

Ambarcumjan csillagtársulásokról szóló elmélete példáján bemutatta Herczeg Tibor, hogy az empirikus kozmogónia első biztató eredményei miként szorítják háttérbe az eddig tisztán spekulatív fejlődési elméleteket.

A Mars bolygó fizikájáról, légköréről, csatornáiról s a marsbeli élet lehetőségeiről sorolta fel a legújabb eredményeket a cikkíró. A Pic du Midi-n készült felvételek és megfigyelések igazolják a titokzatos marscsatornák egy részének létezését. Szovjet és amerikai kutatók igazolták a vízgőz, oxigén és széndioxid jelenlétét. Megoldódott a marsi hósapkák rejtélye, amennyiben sikerült kimutatni, hogy nem szénsavból, hanem vízből állanak.

A Szovjetunióba meghívott expedíció egyik tagjaként személyes élményei alapján számolt be Dezső Loránt a június 30-i napfogyatkozásról. Ismertette azokat a nagy jelentőségű csillagászati problémákat, amelyeknek eldöntésére az egyetlen lehetőségét a teljes napfogyatkozás rövid időtartama nyújtja.

Figyelemre méltó, hogy az első előadáson megjelent 500-as létszám nemhogy nem csökkent, de emelkedett, s volt olyan este, amikor ezren voltak jelen.

Mit igazol mindez? Azt, hogy az előadók megtalálták a megfelelő hangot a hallgatósághoz. Nem keresték az izgalmas, fantasztikus érdekességeket, csak egyszerűen, minden nagyképűség nélkül beszámoltak a kutatási eljárásokról és eredményekről.

A megnyilvánult tudásvágy a csillagászati hét mérlegének legnagyobb aktívátétele, amit hazai kultúrpolitikánk mint vi-tathatatlan nyereséget könyvelhet el.

Bemutatások

A budapesti Uránia mindennap az érdeklődők rendelkezésére áll. Vasárnap ügyeletes szolgálatot tartunk.

A látogatók egy része előre bejelentett iskolai vagy üzemi csoportok, másik része egyénekből tevődik össze, akik előzetes bejelentés nélkül is látogathatják az Urániát.

a) Ismeretterjesztő előadást abban az esetben tartunk, ha legalább 25—30 tagú csoport van jelen. Ilyenkor az egyéni látogatók is meghallgathatják az előadást. Ezek az előadások többnyire általános jellegűek a naprendszerről, vagy a világmindenségről. A hallgatók kívánságára speciálisabb témákról is hangzanak el előadások (Holdról, valamely bolygóról, Tejútról, üstökösökről, meteorokról stb.).

Arra törekszünk, hogy az előadó munkatársak a hallgatóközönség igényeihez mértén variálni tudják az általános jellegű előadásokat is. Megbeszéljük azokat a pedagógiai szempontokat, amelyekre iskolások és felnőtt dolgozók esetében kell tekintettel lenni.

b) Filmvetítés. Igen gyakran előfordul, hogy a bejelentett napra az idő elborul. Ilyenkor, de máskor is az előadás és a felmerült kérdések megválaszolása után csillagászati hangosfilmet vetítünk. Az előadás anyagához állóképeket is szoktunk vetíteni. Hangosfilmjeink szemléletesek. Sajnos, legtöbbjük már a használatban tönkrement. Új másolatok beszerzésére még nincs le-

hetőségünk. Vetített hangosfilmjeink között szerepelnek fizikai természetűek is.

c) Bemutató. A tetőteraszunk 36 négyzetméter. Ezen van a 20 cm átmérőjű Heyde refraktor és annak védőbódéja. Legtöbbször a látogatókat csak részletekben vezetjük fel ide, mert különben mozdulni sem lehetne. Vannak ugyanis esték, amikor a látogatók száma meghaladja a 200-at. Ilyenkor nemcsak a teraszon, de az előadóteremben is nehézséget okoz elhelyezésük.



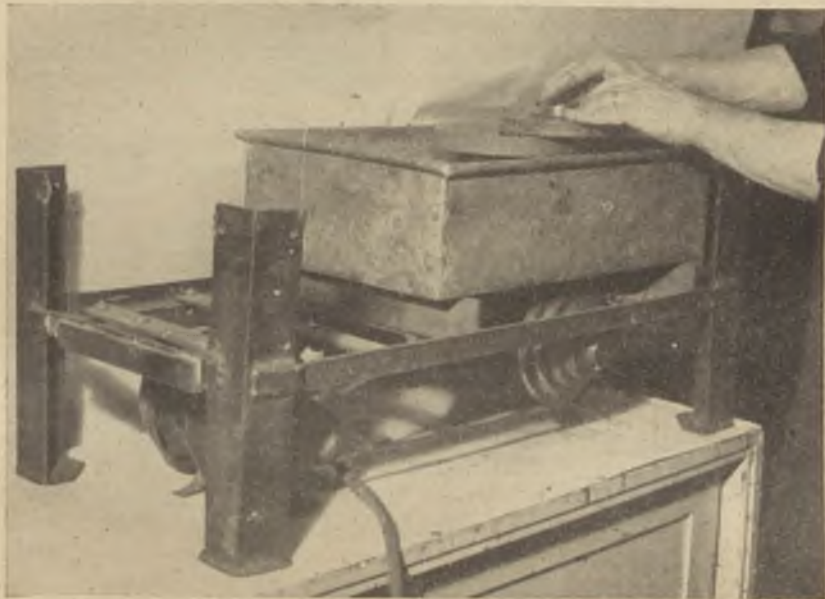
1. ábra. Munkában az 50 cm-es tükör. A felület görbületét ezredmilliméter pontosságú mérőműszerrel kell ellenőrizni. (Dr. Rehák Tibor felvétele):

Számunkra a bemutatás az ismeretterjesztés igen fontos része. Mindig két munkatárs van a távcső mellett. A műszer kezelésén kívül fontos feladatuk az elhangzó sok-sok kérdésre választ adni. A csillagászat számára a legtöbb barátot itt lehet szervezni. Itt nyílik alkalom válaszolgatni azokra a kérdésekre, amit a vendégek az előadóteremben nem mernek megkockáztatni.

Általában 2—3 objektumot mutatunk be, kisebb csoport esetében azonban 5—6 objektumot is.

Csütörtöki sorozat

1954 őszén 10 előadásból álló sorozatot állítottunk össze. 5 előadás tárgyalta a modern csillagászat fizikai alapjait s 5 előadás a világegyetem megismerésének nagy állomásairól szolt. Az első témakört haladottabbak részére hirdettük, akik rendelkeznek a fizikai alapfogalmakkal. E sorozat előadásai és előadói: Termodinamika és csillagászat: Szimán Oszkár. A kvantumelmélet csillagászati vonatkozásai (főként a csillagászati szinképelem-



2. ábra. Az Uránia műhelyében készült kis csiszológép üvegfelületek előmunkálatai és kisebb lencsék előállítására szolgálja. (Dr. Rehák Tibor felvétele).

zés): Detre László dr. Mágneses jelenségek és csillagászat: Dezső Loránt. Hidro- és aerodinamika és csillagászat: Csada Imre. Relativitás és csillagászat: Marx György.

A második sorozatban az előadások és előadók: Mit köszönhetünk az ókori csillagászatnak: Ponori Thewrewk Aurél. A naprendszer megismerése: Kulin György. A fényképezés és színképelemzés a csillagászatban: Kulin György. A modern fizikára

épülő csillagászat problémái: Kulin György. A csillagászat perspektívái: Herczeg Tibor.

A csütörtök esti téli sorozatban az Uránia négy szakosztályának vezetői tartottak két-két előadást. Az első előadás mindig a problémák általános foglalata volt, a második arról szólt, hogy a szakkör a felmerült kérdések területén milyen munkásságot fejthet ki. A szférikus csillagászat, fogyatkozások és csillagfödések témaköréről Török Ervin, a napmegfigyelő szakosztály problémáiról Bercsi Zsolt, az ionoszférakutatásról Piret Endre, a változócsillagokról Rákosi Miklós tartott előadásokat.

Az őszi sorozatban számos probléma merült fel, amelyeknek megértéséhez részletesebben kellett tárgyalni a relativitás elméletét. Három héten át tartott e témáról előadást és megbeszélést Hack Frigyes, az Uránia munkatársa.

Márciusban indult a csütörtök esti tavaszi sorozat, mely 14 előadásból áll. A vidéki Urániák érdekében közöljük ezeknek témáit is.

A távidőjelzés csillagászati alapjai: Berkes Zoltán, A földmágnesség: Barta György. A Tejút-rendszer szerkezetének megismerése: Róka Gedeon. A színszűrők jelentősége a csillagászatban: Szimán Oszkár. A magyar csillagászat legrégebb emlékei: Bartha Lajos. Huyghens szerepe a csillagászatban: Horváth Árpád. A Naprendszer kialakulásának újabb elméletei: Zerinváry Szilárd. Nóvák és szupernóvák: Detre László. A kozmikus sugarak eredetéről: Sinka József. A bolygók belső szerkezete. Herczeg Tibor. Magyarországi meteoritek: Tokodi László. Az üstökösökről: Kulin György. A napenergia változásáról: Dezső Loránt. A homokórától az atomóráig: Ponori Thewrewk Aurél.

Szombati klubesték

A múlt ősszel vezette be az Uránia ezt az újfajta ismeretterjesztő alkalmat. Szabad témájú összejövetelek ezek, ahol minden résztvevő felteheti a kérdését, s arra az Uránia munkatársai felváltva válaszolnak. Nincsen tehát semmi kötött program. Itt kerülnek elő azok a kérdések, amelyeknek feltevésére és részletesebb megtárgyalására az előadások alkalmával nem volt lehetőség. Látogatottsága eléggé hullámzó. Rendszerint 15—20 résztvevője van, de előfordult, amikor 60—70-en vettek részt rajta. Ősztől kezdve ezeket a klubestéket minden szombat este kivétel nélkül megtartottuk, s ma már az Uránia munkájának megszokott programja lett.

Szakkörök

Több olyan területe van a csillagászatnak, ahol az amatőrök hasznos szolgálatot tehetnek a tudományos csillagászatnak. A szakkörök célja az ilyen természetű megfigyelések végzése. Az ionoszféra-kutató szakosztálynak automatikus térerősség regisztráló műszere van. Kutatja a naptevékenység és rádióvétel kapcsolatát. Rendszeres munkát végez a napmegfigyelő csoport. Mindennap megállapítja a relatív napfoltszámot. Adatait több hazai és külföldi intézettel is közli. Az újjászervezett változócsillag szakosztály csak tavasszal indult programjával.

Egyéb ismeretterjesztő munkák

Az Uránia munkatársainak munkássága nem merül ki abban a tevékenységben, amit az Urániában fejtenek ki. Kijárnak üzemekhez, ahol ismeretterjesztő előadásokat tartanak. Van olyan üzem, ahol csillagászati szakkör működik. Tervünk ezeknek kiszélesítése.

Sokan keresik fel helyből és vidékről levélben az Urániát. E levelek megválaszolásával a kérdésekre küldött tanácsokkal az Uránia munkaterülete földrajzilag az egész országra kiterjed. Ugyancsak számosan keresik fel az esti órákban az Urániát, hogy távcsőkészítési problémáikra, csillagászati kérdéseikre feleletet kapjanak.

Munkatársaink tollából számos folyóiratcikk és ismeretterjesztő brosúra jelent meg az elmúlt év folyamán is.

Műhely

Az Uránia műhelye szépen gyarapodik munkagépekkel és szerszámokkal. Van már a műhelynek optikai részlege is, amely két csiszológéppel rendelkezik. A nagyobbakat a Rákosi Művek készítették patronázs fejében, a kisebbik házilag készült. A felszerelés tekintetében is sokat köszönhetünk a Rákosi Műveknek. Ellenszolgáltatásként az Uránia műhelye távcsőoptikával látja el az RM Művekben épülő bemutató távcsövet.

A műhely rendeltetése, hogy a vidéki Urániák számára könnyen kezelhető nagy teljesítőképességű bemutató távcsöveket építsen. A típus távcső munkálatai szépen haladnak előre. A műhelyre hárult a bajai távcső és óragép elkészítése is. Ez a munka kissé visszavetette a típus távcső elkészülését. A Bozsidár Géza tervei szerint készült típus műszer 20 cm átmérőjű

reflektor 1 méter primer fókusszal, mely Cassegrain, illetve Coudé szerelésben 3 vagy 4 méter fókuszú lesz. E sorok írója elkészítette a főoptikát, a segédoptika munkában van.

A múlt év végén kialakult műhelytervnek, sajnos, csak egy része valósulhat meg ebben az évben. Nem sikerült megvalósí-



3. ábra. Az 50 cm-es tükör optikai próbára kész állapotban. (Dr. Rehák Tibor felvétele).

tani egy állandó műszerész alkalmazását. A műhelyben alkalmi munkások, s nagyrészt önkéntes munkások dolgoznak az esti órákban.

Munkagépeink egy kis szerszámkiegészítéssel lehetőséget adnának arra is, hogy tömegesen gyártsunk amatortávcsöveket és alkatrészeket, optikával lássuk el a hazai és a szomszédos államok amatőrjeit. Ennek a szép tervnek keresztülvitele azonban ma még nehézségekbe ütközik, amíg az Uránia széleskörű munkáját félállású vezető végzi.

Mint eredményről számolhatunk be, hogy elkészült mintegy 30 db kisebb-nagyobb méretű távcsőtükör. Kikísérleteztünk egy olyan optikát, amit az amatőrök egyszerű Galilei táv-

csőhöz lencse gyanánt és tükrös távcső tükrének egyaránt használhatnak. A lencse két felülete domború és homorú. Gyűjtőtávolsága kb. 75 cm. A homorú oldal tökéletes reflektortükrök 70 cm fókusszal. Ezüstözetlen állapotban lencsének, ezüstözött felülettel tükröknek használható. Az egytagú lencse színezőhatásának csökkentésére színszűrőkkel próbákat végeztünk s azt találtuk, hogy a kellemetlen színezőhatás jórésze kiküszöbölhető.

Munkában van egy 50 cm átmérőjű tükör készítése. Az első ilyen nagyméretű tükör a csepeli RM Művek részére készül. A főtükrök gyűjtőtávolsága 2 méter, Coudé szerelésben kb. 8 méter. Külön érdekessége ennek a nagy tükröknek, hogy hazánkban ilyen méretű tükröt még nem készítettek. Ennél nagyobb tükre csak a Szabadsághegyi Intézetnek van. A hozzá szükséges üvegkorongot a miskolci üveggyár öntötte.

A második 50 cm-es példányt az Uránia számára készítjük. Terveink szerint az egész csőhossz mindössze 2 méter lesz. Szerelésére a villás megoldást választjuk, hogy a felesleges súlytöbbletet elkerüljük.

Terveink között szerepel a közönség számára egy távcső-tükör lencsesziszoló és ezüstöző tanfolyam megrendezése s ezt követően egy távcsőépítési tanfolyam tartása, hogy a műhely eddigi tapasztalatait átadhassuk amatőrjeinknek.

Uránia Kiskönyvek

A csillagászat gyakorlati problémáiról s egyes összefüggő témákról nagyobb példányszámban kis könyveket adunk ki. A Társulat eddigi kiadványai jórészt korlátozott példányszámban csupán a munkatársak számára voltak hozzáférhetőek. A sorozat már megírt és készülő számai: A távcsőoptika elemei: Kulin György. Egy 10 centiméteres reflektor házi szerelése: Bozsidár Géza. Újra kiadásra kerül Wodetzky: Tájékozódás a csillagos égen. Ehhez csillagtérképet is mellékelünk. Mit figyelhetünk meg az égen: Sinka József. A felsoroltakat több más gyakorlati probléma követi.

Személyi ügyek

Az Uránia ismeretterjesztő és műszaki munkáinak végzésére jelenleg egy teljes és egy fél állás áll rendelkezésre. Az Uránia vezetője fél állásban Kulin György dr. műszaki vezető teljes állással Bozsidár Géza. Hivatalsegéd Nagy Ferenc, pénztáros Szász Rezső.

Kulin György dr.

A MARS BOLYGÓ NAGY FÖLDKÜZELSÉGE 1956-BAN

Naprendszerünk bolygói között nyilván a Mars az, amelyet a csillagászat iránt érdeklődők körében a legelevenebb érdeklődés kísér már hosszú idők óta.

A természetszemlélet primitív korszakában, amikor a bolygókat még csillagisteneknek hitték, a Mars elnevezését vöröses színének szimbolikus kifejezései képviselték. Az egyiptomiak már időszámításunk előtt 13 évszázaddal ismerték s Vörös Hórusz és a Két horizont Hórusza néven tisztelték. Az asszírok számára a Csatak urát s a Vadászat istenét jelképezte, az ősi kínaiaknál a tűz jelképe volt. Az ősmagyar csillagnevek a Mars bolygót Hadakozócsillag és Vérszeműcsillag jelzőkkel illették. A ma használatos Mars elnevezés a görög—római mitológiára utal, mely szerint Mars volt a Hadisten.

Különösen indokolt lett a Mars iránt megnyilvánuló nagyfokú érdeklődés a távcső felfedezése után, amikor már nagyobb méretű, nagyobb felbontóképességű távcsövek épültek. Az érdeklődést első ízben a vizuális megfigyelések váltották ki. A legszembetűnőbb jelenség a Mars felületén a két póluson időszakosan feltűnő fehér folt. A sarki süvegeknek vagy sarki hósapkáknak nevezett fehér foltok már régóta arra engedtek következtetni, hogy a Marsnak vize van. A felszín jellegzetes és állandó alakulatai fölött gyorsan mozgó képződményeket lehetett megfigyelni, amelyeket joggal neveztek felhőknek.

1877-ben a Mars oly közel volt a Földhöz, mint előtte 15 éve egyszer sem. Ez év augusztusában figyelte meg első ízben Giovanni Schiaparelli a Marsot 8,5 hüvelykes kitűnő refraktorával a Milánói Egyetemen. Két hónapon át minden derült éjszakát e bolygó megfigyelésére szentelt. Rendkívül aprólékos megfigyelései alapján térképezte a Marsot s néhány hónappal később nyilvánosságra hozta a Mars csatornáinak felfedezését.

1886-ban a néves angol amatőr csillagász Stanley Williams megerősítette a csatornák létét.

Hivatásos és amatőr csillagászok távcsöveinek százai irányultak a Mars felé, hogy minél több megfigyelési adattal járuljanak hozzá az egyre izgalmasabban kibontakozó Mars-rejtély megfejtéséhez. Egyes megfigyelők rendkívül éles, mások elmosódó diffúz vonalakként ábrázolták a csatornákat s szép számmal akadtak, akik nem láttak semmit.

Percival Lowell, Amerika akkori japán követe a 15 cm átmérőjű lencsés távcsövén át látottak alapján a Mars megfigyelőtáborának egyik leglelkesebb tagja lett. Visszatérve Amerikába megrendelt egy 60 cm átmérőjű Clark-refraktort s azt Flagstaffban, Észak-Arizona magas fennsíkját állította fel. Az 1894-ben megnyílt csillagvizsgáló az elmúlt 61 év alatt a leghatalmasabb megfigyelési anyagot gyűjtötte össze a Marsról. Az Intézet munkatársai, a Slipher testvérek, Lampland, Tombaugh, Giclas és még sokan mások munkáinak eredménye több mint 400 000 felvétel a Marsról.

Az irodalomban megjelent marsmegfigyelések hatalmas monográfiáját közli Flammarion két nagy kötetes munkája. A neves kutatók sorából említhetjük Kaiser, Antoniadi, Pickering Graff nevét.

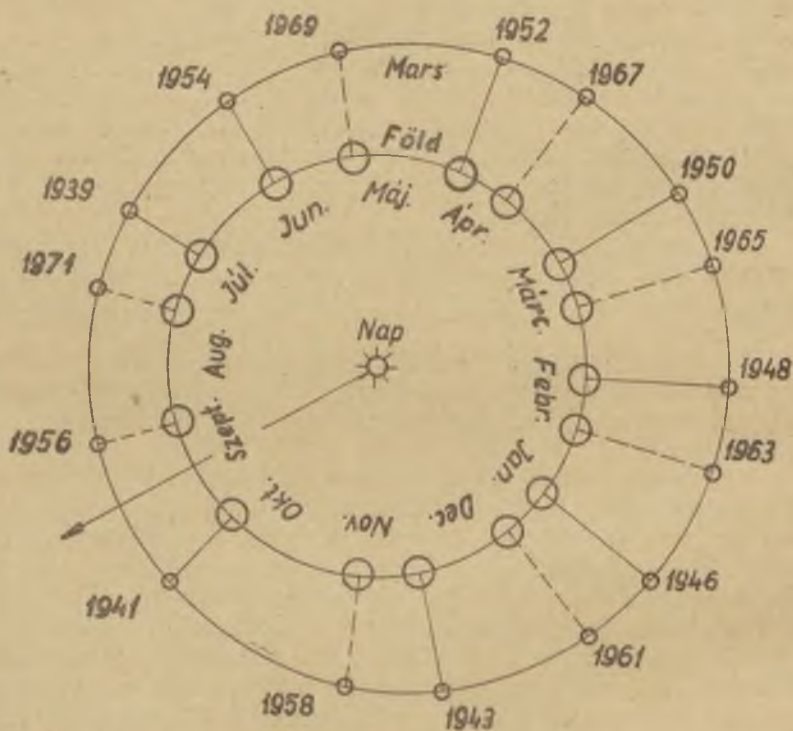
Hatalmas megfigyelői munka fekszik már a századfordulóig is a Mars tanulmányozásában s azóta, hogy a kutató eljárások és a technikai eszközök finomodtak, a megfigyelők száma csak szaporodott.

Újabb aktualitást ad a Marsnak az a tény, hogy 1956-ban a XX. század egyik legkedvezőbb földközelségébe kerül. Általában két év és két hónap telik el a Mars két egymásutáni földközelsége — oppozíciója — között. Az úgynevezett nagy oppozíciók idején a Mars 60 millió kilométeren belül jut a Földhöz. A XX. század nagy oppozícióinak évei: 1909, 1924, 1939, 1956, 1971 és 1988. A következő táblázat feltünteti az évszázad nagy oppozíciói időpontjaira a Mars—Föld távolságot. A pályaviszonyok miatt a szembenállás és a földközelség dátuma nem mindig esik pontosan egybe.

Év	Oppozíció	Földközelség	Távolság	
			Csill. egys.-ben	millió km-ben
1909	szept. 24	szept. 18	0,389	58,16
1924	aug. 23	aug. 23	0,373	55,76
1939	júl. 23	júl. 27.	0,388	58,01
1956	szept. 10	szept. 7	0,378	56,51
1971	aug. 10	aug. 11	0,376	56,21
1988	szept. 28	szept. 22	0,393	58,75

Ebben az évszázadban tehát csak az 1924-es oppozíció volt kedvezőbb az 1956-osnál.

A Mars jövő évi megfigyelésére az egyenlítőhöz közelebbi és a déli félteke csillagvizsgálói számára sokkal jobb alkalom nyílik, mint a mi szélességi körünkről. A Mars deklinációja ugyanis igen alacsony lesz s emiatt oly mélyen jár a látóhatár fölött, mint nálunk a téli Nap.



1. kép. A Mars és a Föld kölcsönös helyzetét ábrázoló kép az 1939-től 1971-ig terjedő időben esedékes oppozíciók alkalmával. Az 1956-os oppozíció az évszázad egyik legkedvezőbb megfigyelési alkalmát nyújtja a csillagászok számára.

A Mars és a Föld síkra vetített pályáit szemléltető rajzban mindkét égitest pályaellipszisének fókuszában van a Nap. A két pálya excentrumos helyzetét az adja, hogy a Mars pályaellipszise erősebben lapult, mint a Földé.

A bejegyzett évszámok a Mars oppozícióinak helyeit mutatja az 1939—1971 időközben. Ezek közül az 1939-es, 1956-os és 1971-es tartozik a nagy oppozíciók sorába, de mint látjuk, az 1941. és 1954. évi oppozíciók is elég kedvezőek voltak.

A Marsnak két parányi holdja van, a Phobos és a Deimos. A Phobos egy marsbeli nap alatt kétszer kel és kétszer nyugszik. Mivel keringéseje 7,5 óra, tehát háromszor gyorsabb, mint a Mars tengelyforgása, nyugaton kel és keleten nyugszik. Távolsága a bolygó felszínétől kisebb, mint a bolygó átmérője. Igen közel van tehát az elméleti Roche-féle veszélyzóna határához.

A Deimos 30 és egynegyed óra alatt kering, mindössze 20 000 km távolságban a bolygó felszínétől. Minthogy keringéseje alig egynegyed nappal hosszabb a bolygó tengelyforgásánál, 2,5 fél napon át látható egyfolytában a Mars egén.

Mindkét hold nagysága kisebbfajta kisbolygó méretű, egyik sem haladja meg a 30 km átmérőt.

Az 1956-os oppozíció a legutóbbi 1939-es oppozíciónál is kedvezőbb lesz. 1939 óta igen sokat fejlődtek azok a finom fizikai mérőműszerek, amelyek a Mars tanulmányozásához szükségesek. Azóta került üzembe a palomárhegyi ötméteres távcső, amely sok olyan kérdésre adhat választ, amelyeknek eldöntésére az eddigi műszerek nem voltak eléggé alkalmasak.

A Mars felé terelte a nagyközönség figyelmét az utóbbi években az egész világot behálózó csészealj-hisztéria, amely kimutathatólag sokkal inkább inkább kitalált fantasztikumokra, mint konkrét tényekre épült. A róla megjelent közlemények részint cáfolatok, másrészt titokzatos utalások voltak s anélkül, hogy valami megfogható tény kiderült volna az egész dologból, lassan lekerült a napirendről. Nyilván azoknak lett igazuk, akik óvatosságot tartottak és nem ültek fel a fantasztikus meséknek.

Most, amikor a tudományos világ oly nagy várakozással tekint az 1956-os nagy oppozíció elé, szükségét érezzük annak, hogy röviden elmondjuk, mi mindent tudunk a Marsról és utaljunk azokra a problémákra, amelyek megoldásra várnak.

A Mars felületi fizikai viszonyának egyrészére következtetni lehet a bolygó méretadataiból és pályaviszonyaiból. Ezekben az adatokban sok hasonlatosságot találunk a Föld adataival. Érthető tehát, hogy a Mars felületén uralkodó viszonyok is bizonyos fenntartással összehasonlíthatók a földfelületi viszonyokkal.

A Mars szilárd testének átmérője 6860 km, tehát 1,86-szorta kisebb a Földénél, felszíne 3,5-szer, térfogata pedig 6-szor kisebb mint a Földé. Tömege $\frac{1}{9}$ földtömeg, ami csak úgy érthető, ha tudjuk, hogy sűrűsége a Föld közepes sűrűségének $\frac{2}{3}$ -a.

Felületén a gravitációs gyorsulás sugarának négyzete arányában kereken 3,5-szer lenne nagyobb, mint a Földön, ha tömege annyi lenne, mint a Földé. A 9-szer kisebb tömegnek azonban 9-szer kisebb gravitáció felel meg s így végeredményben a Marson a vonzóerő 2,6-szer kisebb, mint nálunk.

A Mars pályasíkja nem egészen 2 fokkal tér el a Föld pályasíkjától, az ekliptikától. Ellipszis pályájának alakja lapultabb mint a Földé. A pályae ellipszis fél nagytengelyét nevezzük közepes naptávolságnak s ez 1,52-szerese a Föld közepes naptávolságának. Minthogy a bolygók Kepler törvényei értelmében ellipszispályán keringenek a Nap körül s a Nap ennek az ellipszisnek a gyújtópontjában van, érthető, hogy a lapultabb ellipszis esetében egy keringés folyamán igen nagy különbségek mutatkoznak a bolygó naptávolságaiban. Szélsőértékek az ellipszis nagytengelyének végpontjaiban adódnak az ún. áféliumban (naptávólpon tban) és a perihéliumban (napközelpontban). A Mars közepes naptávolsága 228 millió km. Napközelsége idején 207 millió km, naptávolsága idején 249 millió km távolságba kerül a Naptól. A Napnak így számítható 42 millió kilométeres eltávolodása természetesen kifejezésre jut a Mars felületére eső melegmennyiségben s az évszakok hőmérsékleti ellentéteiben.

A Föld és a Mars pályája elég erősen excentrikus helyzetű. A lehető legkisebb távolság a két bolygó között 55 millió km, a legnagyobb viszont 400 millió km. A látszó átmérő egyenes arányban van a távolsággal, érthető tehát a nagy oppozíciók jelentősége.

A Mars egy év és 322 nap alatt végez egy keringést a Nap körül, egy marsbeli év tehát majdnem két földi évből áll. Az év hosszának megfelelően az évszakok hossza is kétszeres. Az évszakok létrejöttének oka, a forgástengely hajlása az ekliptikához — a Mars esetében is csaknem ugyanaz, mint nálunk, minthogy a Mars tengelyhajlása csak másfél fokkal haladja meg a Föld tengelyhajlását. Ott is tehát négy évszak van, mint a Földön.

A nappalok és éjszakák ugyanúgy váltakoznak ott is. A Mars tengelyforgásának ideje csupán 37 perc 23 mp-cel hosszabb 24 óránál.

A Mars megfigyelésének mai korlátai

A Marsról szerzett eddigi ismereteink kellő értékelése érdekében ismernünk kell azokat a nehézségeket, amelyek a Mars kutatását akadályozzák.

Az egyik fő nehézséget a Mars nagy távolsága okozza. Még legnagyobb földközelsége idején is 150-szer van távolabb, mint a Hold. Ha tehát a legnagyobb távcsővel elérhető felbontással a Hold felületén 40 méter a minimális méret, amit környezetétől elválasztva megfigyelhetünk, a Mars távolságában ez a minimális méret 6 km lesz. A Mars minimális 55 millió km-es távolsága még mindig 8000-szerese a Mars átmérőjének. Földi hasonlaltal élve a probléma ugyanaz, mint 800 méter távolságból megállapítani egy 10 cm átmérőjű labda felületének aprólékos részleteit.

Manapság a megfigyelés főként fényképezés útján történik. Az ötméteres távcső Coudé-szerelésben 150 m gyújtótávolságú. Ilyen szerelésben is mindössze másfél cm átmérőjű képet ad a Marsról.

Ezek az optikai nehézségek csakis a műszerek méreteinek további növelésével csökkenthetők.

A legkitűnőbb optikájú műszer teljes kihasználása sem lehetséges mindig. Nagyon tiszta és nyugodt légkör kell ahhoz, hogy a műszer teljesítőképességét teljes egészében kihasználhassuk. A légkör tisztasága, nyugodtsága ilyen kényes természetű megfigyelésekre egy évben csak néhány napon át alkalmas az alacsonyabban fekvő obszervatóriumokban.

A Mars a reaesó napfénynek csak hetedrészét veri vissza, a többit elnyeli. A finom részletek vizsgálatához nagy nagyítás, vagy a színek erős széthúzása szükséges, ami miatt a kép erősen fényszegény lesz. A vizsgálandó fizikai hatások igen sok esetben oly gyengék már, hogy a vizsgáló műszer érzékenységének küszöbe alatt maradnak. A legtöbb vizsgálat eredményessége, vagy eredménytelensége ezért sok esetben nem is elvi, hanem technikai problémán, a műszer érzékenységén múlik.

Az eddig felsorolt nehézségek jó része műszertechnikai probléma s éppen ebben a vonatkozásban jelent nagy haladást az utóbbi néhány évtized.

Találkozunk aztán olyan akadályokkal, amelyeket semmiféle technikai megoldás a mai napig nem győzött le még s csak a megoldás körvonalait látjuk bontakozni.

Ilyen akadály a légkör összetétele, mely ózontartalma miatt elnyeli a színek ultraibolya tartományát. Márpedig számos

olyan fizikai jelenséget ismerünk a laboratóriumi kísérletezések alapján, amelyeknek látható jelei ebbe a színképtartományba esnek és éppen ezekre lennének kíváncsiak a Mars esetében is.

A megfigyelés egyik fő feladata megállapítani, milyen anyagokból áll a Mars légköre s az alkotóelemek milyen mennyiségben fordulnak elő. A hasonlatosság miatt várható, hogy a Mars légkörében ugyanazok az elemek megvannak, mint amelyek a Föld légkörének alkotóelemei. A műszerbe jutó fény közvetlenül nem árulja el azt, hogy valamely gáz fizikai nyoma a földi, vagy a marsbeli légkörtől ered-e. A csillagászok elvileg már régen megoldották a szétválasztás problémáját. Nehézség csak akkor jelentkezik, ha valamely gáz csak aránylag kicsiny mennyiségben fordul elő a Mars légkörében.

Éppen azért, mert a nehézségek ily nagyok, minden gondolkodó csodálatát és tiszteletét válthatják ki azok az eredmények, amelyeket a mai napig szereztek a tudósok a Mars fizikai viszonyairól.

Nincsen módunk arra, hogy ennek a nagyszerű küzdelemnek minden fázisát ismertessük, de a leleményesség néhány jellemző példájára igyekszünk rámutatni az elmondandók során.

Mit tudunk a Mars légköréről?

Mielőtt még a fényképezést és a színképelemzést bevezették a csillagászatba, már a vizuális megfigyelések alapján is sejteni lehetett, hogy a Mars légkörrel rendelkezik. Erre mutatott az a tény, hogy a bolygó a perem felé sötétedést mutat. Ezt bizonyították a megfigyelt felhőképződmények. De a légkörről tanúskodik az a jelenség is, hogy amikor a Mars égi útja során állócsillagot takar el, az eltűnés a csillag fényességének fokozatos csökkenése után következik be. Meg lehetett azt is figyelni, hogy a Marsnak azokban a zónáiban, ahol pillanatnyilag hajnal, vagy alkonyat van, a földi szürkülethez hasonló szórt fényt mutatkozik, ami szintén csak légkörrel rendelkező égitesteknél lehetséges.

A századfordulón a tudomány birtokában volt azoknak a fizikai ismereteknek, amelyek segítségével pusztán elméleti úton is el lehet dönteni, hogy lehetséges-e a Marsnak légköre és ha igen, milyen elemek alkotják a légkört.

Az elmélet más bolygókra is alkalmazható. Minthogy a Mars kutatásában jelentős szerepe van s gyakran történik róla

említés s nem egészen helyesen, kissé részletesebben foglalkozunk vele.

A kinetikus gázelmélet szerint a molekulák mozgási sebessége a hőmérséklettől függ. Ha a hőmérséklet magas, a gázmolekulák oly nagy sebességre tehetnek szert, hogy elillannak, megszöknek a bolygó légköréből. Igen fontos szerep jut itt a felületen uralkodó gravitációnak, mert a szökés ennek az erőnek ellenében történhet.

Az elmélet a molekulák közepes sebességével számol. Egy gáztérben a molekulák állandóan ütköznek s lesznek közöttük olyanok, amelyeknek pillanatnyi sebessége az átlagérték alatt, vagy fölött van. Jeans formulája megadja azt az időt, amely szükséges ahhoz, hogy valamely gázfajta elérve a szökési sebességet, eltűnik egy bolygó légköréből. Ebben a képletben szerepel a nehézségi gyorsulás, a bolygó sugara, valamint a molekulák közepes sebessége. Tekintetbe véve a Mars adatait, azt kapjuk hogy $c = 1$ km/sec. sebesség esetén a szökési idő egy-milliárd év. Mivel a Mars kora a Földével egyezően kb. 3 milliárd év, következik, hogy csak azok a gázok lehetnek a Mars légkörének állandó elemei, amelyeknek közepes sebessége 1 km/sec. alatt van. A közepes mozgási sebesség viszont kifejezhető, mint az abszolút hőmérséklet és a molekuláris tömeg függvénye. A Mars felületén előfordulható maximális hőmérsékletet alapul véve megadja tehát az elmélet, hogy az összes gázfajták közül elméletileg melyek a megengedhető gázok. A molekula tömeg mérőszámának nagyobbnak kell lenni 5-nél, tehát a Mars minden bizonnyal elvesztette már hidrogén ($m = 2$), hélium ($m = 4$) tartalmát. Megtarthatta a nitrogént, a széndioxidot, az argont, az oxigént és a vízgőzt, valamint több ritkán előforduló gázt.

Az elméletileg megengedhető gázok keretében a szinképelemzés feladata annak eldöntése, hogy mely gázok vannak megvalóságban és milyen mennyiségben.

A komolyabb vizsgálatok erre nézve 1909 óta folynak rendszeresen. A vizsgálatok sok esetben negatív eredménnyel jártak. Később azonban kiderült, hogy a tagadó válasz nem mindig jogosult. Az eredménytelenség sokszor csak azt jelenti, hogy a keresett fizikai hatás a műszerek érzékenységének küszöbe alatt marad. Így voltunk hosszú időn át a Hold és a Merkúr légkörével. A műszerek nem jelezték a légkör jelenlétét, mert nem voltak eléggé érzékenyek. Ma már említés történik a Hold és a

Merkur légköréről is, ha mennyiségüket nem is ismerjük pontosan.

Számos újabb felfedezést köszönhetünk Kuiper munkásságának, aki 1947 óta egy rendkívüli infravörös érzékenyséű fotocellát alkalmaz a McDonald obszervatóriumában. Ezzel a műszerrel sikerült első ízben mennyiségileg kimutatni a Mars légkörének széndioxid tartalmát. Vizsgálati módszerében 1947. okt. 7-én a Mars és a Hold színképét hasonlította össze. Mindkét égitest a Nap fényét veri vissza. A színképükben mutatkozó különbség onnan ered, hogy a Marsról érkező fény kétszer halad át a Mars légkörén. Sikerült megállapítani, hogy a Mars légkörében kétszer annyi széndioxid van, mint a Föld légkörében. Ha az egész széndioxidmennyiséget egy atmoszféra nyomásra sűrítjük, 440 cm-t tenne, a földi széndioxid ugyanilyen sűrűsége 220 cm-t tesz. Az egész légtömeghez viszonyítva ez a mennyiség csak ezrelékben fejezhető ki s ugyanúgy, mint a földi légkör széndioxidja csupán szennyeződésként fogható fel.

A Mars légköri szabad oxigénjének kimutatásában nagy nehézséget jelent az, hogy a földi oxigénhez viszonyítva igen kis mennyiségben fordul elő. A Mars spektrumában egyformán jelentkezik a földi és a marsbeli légkör oxigénjének elnyelési vonala. A feladat a kettő szétválasztása, amire a Doppler-effektust használják fel. 1934-ben a Mars és a Föld viszonylagos sebessége 13 km/sec. volt. A megfigyelést a Wilsonhegyi 2,5 méteres távcsővel végezték. A kapott eredmény mennyiségi kiértékelése alapján a Mars légkörének oxigéntartalma a földi légkör oxigénjének legfeljebb ezredrésze.

A vízgőz utáni spektroszkópiai kutatás eredménye az 1909, 1925 és az 1939-es mérések alapján az, hogy a marsi légkör páratartalma a földi légkör páratartalmának legfeljebb 5%-a.

A múlt évben egy igen reményteljes kísérlet történt a Mars vízgőztartalmának kimutatására. A Meudoni Csillagvizsgálóból Dollfus, pilóta édesapjával ballonon 7000 méter magasságba szállott fel. Magukkal vittek egy 28 cm-es reflektort fotoelektromos és polarizációs műszerekkel felszerelve. Háromórás megfigyelés eredményeként Dollfus azt találta, hogy a Mars vízgőztartalma nagyságrendben egyezik a földi légkörben 6500 méter magasságban található vízgőzmennyiséggel. Dollfus szerint az elért eredmények igen biztatók s szükségesnek véli a kísérlet megismétlését nagyobb műszerrel és érzékenyebb fotocellával.

Itt nyílik alkalma a modern technikának arra, hogy a raké-

tákra szerelt műszerekkel feleletet adhasson olyan kérdésekre, amelyekre a föld közelében elhelyezett műszerek érzéketlenek. A rakéták magassági rekordja Dollfus ballonjának magasságát máris mintegy 60-szorosan múlja felül. Ilyen magasságban a légköri elnyelés már elenyészően kicsiny.

A spektroszkópia segítségével megállapított széndioxid, oxigén és vízgőz mennyiségének együttes tömege igen csekély. Sokkal kevesebb, mint amilyen légtömegekre a vizuális megfigyelések alapján következtetni lehetett. Még szembetűnőbb lett ez az ellentmondás, amikor több módszerrel is sikerült megállapítani a Mars légkörének össztömegét.

A légköri nyomás

A kutatók több, egymástól független eljárást dolgoztak ki a Mars légköri nyomásának megállapítására. Ezek az eljárások egyben módot adtak a Mars légtömegének kiszámítására is.

Menzel egyik eljárása azon a tényen alapszik, hogy a Mars felületéről felénk érkező fény mennyiség egy része a talaj visszaverőképességétől, másik része a légköri szórt fényből származik. Ezt a két részt szét lehet választani. A talaj ugyanis főként a hosszúhullámú (vörös, sárga) sugarakat veri vissza, a légkör viszont leginkább a rövidhullámú (kék, ibolya) sugarakat szórja szét. Ha tehát különböző színszűrőkön át vizsgáljuk a Mars fényességét, szét lehet választani, hogy milyen arányban oszlik meg a talajtól és a légkörtől eredő fény. Ebből a viszonyszámból a Mars légtömegére lehet következtetni.

Menzel másik eljárása a Mars légkörében megfigyelt szürkületi jelenségeken alapszik. Naplemente után, vagy napkelte előtt a levegőben szóródó napfény okozza a szürkületi jelenséget s ennek intenzitása nyilván a légkör tömegétől függ.

Barabasev és Semejkin azt a jelenséget használták fel, hogy a Mars korongját egyik átmérője mentén vizsgálva, a peremek felé fokozatos fénycsökkenés mutatkozik. A fényességcsökkenés mértéke a légtömegtől függ.

Pannekoek és Fabry azt vizsgálták, hogy olyan esetben, amikor a Mars állócsillagot takar el, a perem közelében milyen mértékű irányváltozást és fényességcsökkenést szenved a csillag fénye. A légköri fénytörésből eredő irányváltozás és a fényességcsökkenés mértéke egyaránt a Mars légkörének tömegétől függ.

Ezekkel a megfontolásokkal és még több más eljárással azt találták, hogy a Mars felületén a légkör nyomása 65 higanymilliméter, ami a földi légnyomásnak tizenkettedrésze.

A földi légkör normális hőmérsékleti és nyomásviszonyok mellett (0 fok Celsius és 1 atmoszféra) 8 km vastagságban borítaná a földfelszín. A valóságban a felfele erősen csökkenő sűrűség miatt 1000 km-ig is felnyúlik. A Mars légköre hasonló körülmények mellett — tekintetbe véve a Mars kisebb felszínét — 1,8 km lenne.

Sikerült tehát egyrészt megállapítani a Mars légkörének összetettségét, sikerült másrészt néhány gáz jelenlétét kimutatni, de a számszerű adatok között több százszoros eltérés mutatkozott. Az így előálló probléma így fogalmazható meg: mi lehet az a gázfajta, amely szükségképpen a Mars légkörének tetemes részét alkotja? Természetes dolog, hogy csak azok közül kerülhet ki, amelyek elméletileg megengedettek. A tudósok egyöntetű véleménye szerint ez a gáz a nitrogén lehet, mely a Föld légkörének is fő alkotóeleme. A feltevés igazolása azon múlik, sikerül-e ily nagytömegű nitrogén spektroszkópiai kimutatása. A nitrogénre jellemző színképvonalak az ultraibolya tartományban a részébe esnek, amely a földi ózonrétegben teljesen elnyelődik.

Közvetlenül be nem bizonyított módon ugyan, de teljes határozottsággal állítják a kutatók, hogy a nitrogén a Mars légkörének fő alkotórésze s mellette az argon legfeljebb század-rész arányban fordul elő. A tudomány újabb diadalát ünnepli majd, amikor a magassági rakéták műszerei az ózonréteg fölé emelkedve valóban regisztrálni fogják a marsbeli nitrogént. Ennek ideje pedig bizonyára nincsen messze.

Ibolyaréteg és felhőzet

A Mars vizsgálatában rendkívül fontos szerepe van a színszűrőknek. Régóta ismert jelenség, hogy a hosszuhullámokat átengedő szűrőn (infravörös, vörös) keresztül a Mars felülete sokkal kontrasztosabb, mint rövidhullámú (kék, ibolya, ultraibolya) szűrőn keresztül nézve. A marsbeli légkör kimutatásának egyik módja is a színszűrős fényképezés volt. Az ún. Wright-féle jelenség abban áll, hogy annál nagyobbak mutatkoznak a fényképlemezen a Mars átmérője, minél rövidebb hullámú fényben fényképezzük. A vörös és infravörös fényben készült felvételek ugyanis leginkább a talajtól származó sugarakat ké-

pezik le, tehát csak magát a szilárd felülettel határolt korongot mutatják, míg az ultraibolyában készült felvételek a légköri szórt fény miatt a bolygót légkörével együtt mutatják. A fényképezőlemez általában érzékeny a rövidhullámú sugarakra,



2. kép. A Wright-féle jelenség. A Mars átmérője ultraibolya fényben nagyobbak látszik, mint infravörösben. A nagyobbodást főként a Mars légköre okozza.

ezért a lemez sötétedéséhez nem csupán a közvetlenül kapott fény járul hozzá, hanem az irradiáció jelensége miatt a környező szemcsék is megfeketednek. Szabad szemmel nézve is a fényesebb tárgy nagyobbtnak tűnik a szomszédos szemidegvégződésekre kiterjedő fényhatás miatt.

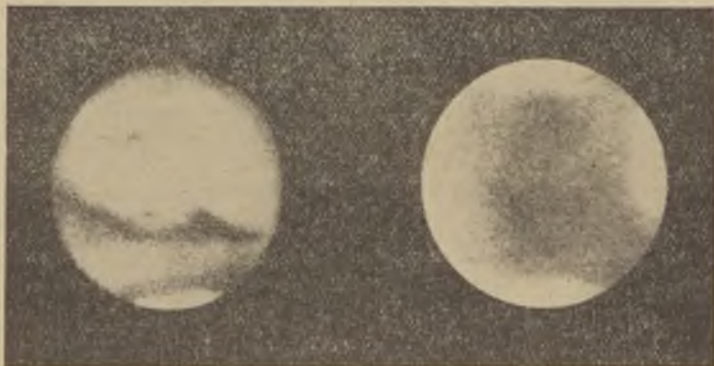
Ha rövidhullámú szűrőn át nézzük a Marsot, a légkörében jelenlevő finom részecskék, kristályok, cseppek fényszóródása miatt a légkör diffúz fényben világít. A Mars légkörének azt a



3. kép. Sárga felhő a Marson. A baloldali képen bejelölt irányok metszéspontjában látható világos folt egy nagykiterjedésű porfelhő. Infravörösben készült felvétel. Ugyanakkor az ultraibolya fényben készített felvételen nyoma sem látszik e felhőnek, ami igazolja, hogy porfelhőről van szó. Másnapra a felhő nyomtalanul eltűnt. (Jobboldali kép).

rétegét, amelyben ez a főleg ibolyaszínű fényszóródás létrejön, ibolyarétegnek nevezzük.

Az ibolyaréteg a marsléggör állandó képződménye, az egész léggörben nagyjában egyenletesen oszlik el. Megfigyelhetők azonban olyan léggöri képződmények, amelyek nem állandó jellegűek. A felhőtípusoknak két fajtáját sikerült megfigyelni. Az egyikre jellemző az, hogy sárga szűrön át jól látszik, kék szűrön át láthatatlan. Magasságuk a felszín felett legfeljebb néhány



4. kép. Ugyanabban az időben készült két felvétel a Marsról. Az ultraibolya fényben főleg a léggöri jelenségek, a pólusokon levő köd, valamint a két peremen az alkonyati és szürkületi léggöri szórt fény látható. Az infravörös fényben készült felvételen a talaj tagozódása látható.

km. Ezek a sárga felhőknek nevezett képződmények minden bizonnyal a szél által a léggörbe emelt porfelhők. Nagyon valószínű, hogy a Mars talaját vastagon borítja a vörössesárgás színű por, különösen a sivatagi zónákban. Általában nem is nagyon hosszú az így képződő sárga felhők élettartama. Egy nagy kiterjedésű sárga felhőről megfigyelték, hogy másnap már nyoma sem látszott, noha mozgássebessége alapján még a Mars látható része felett kellett volna tartózkodnia.

Vannak aztán olyan felhők, amelyek sárga szűrön át láthatatlanok s kék szűrön át igen jól megfigyelhetők. Ezeknek nyilván olyan lehet az anyaga, amely a rövidhullámú fényt szórja. Magasságuk a 15 km-t is meghaladja, ahol a hőmérséklet elég alacsony ahhoz, hogy a szénsav kristályos alakban fordulhasson elő.

A hósapkák

A Mars két féltekéjének pólusai körül váltakozva megjelenő fehér sarki süvegek mibenléte körül hosszú idő óta folyt a vita. Eleinte az általunk megszokott óra gondoltak, amely a tavasz beálltával olvadni kezd. Fel kellett tételezni, hogy az elolvadt hó, illetve az elpárolgott víz jelenlétét a légkörben ki kell tudni mutatni. A több évtizedes eredménytelenség után gondoltak arra, hogy talán nem is vízből, hanem szénsavból keletkezett hó-ról lehetne szó. Annál is inkább logikus volt ez, mert a széndioxid kimutatása terén már korábban voltak pozitív eredmények.

Az első nehézség onnan származott, hogy a sarki szénsavhó képződéséhez a marsbeli légnyomás figyelembevételével mínusz 100 fokot kellett a sarkokon feltételezni. A hőmérséklet mérések viszont nem adtak ilyen alacsony értéket. A másik ok a kétkedésre az volt, hogy a sarki fehér süvegek fényvisszaverőképessége nem olyanak mutatkozott, mint amilyenek földi kísérletek alapján várni lehetett volna.

A kérdést végül is Kuiper infravörös érzékeny cellája döntötte el. Ez a cella messze az infravörösben, egészen a 25 000 Å-ig érzékeny. Ezeket a hosszúhullámú sugárzásokat a közönséges hó már teljes egészében elnyeli, a szénsavhó pedig még visszaveri. Minthogy a marsi hósapka is 15 000 Å alatt már majdnem teljes elnyelést mutat, anyaga nem lehet szénsavhó, hanem csakis vízből keletkezett hó, vagy hőszerű képződmény.

A részletesebb vizsgálatok még azt is kiderítették, hogy a fehér sarki takaró sokkal inkább hasonlítható a dérhez, vagy zuzmarához, mint a közönséges hóhoz.

Már több mint 30 éve sejtették, hogy különösen a tavasz beköszöntével a fehér takaró inkább légköri jelenség, mint a talajt borító hóréteg s valóban úgy találták, hogy a fehér folt eltűnése nem olvadás útján következik be. Igen valószínű, hogy a vékony fehér takaró anyaga sűrű ködszerű képződmény formájában a légkörbe emelkedik s napi kb. 45 km-es sebességgel leáramlik a mérsékelt zóna felé. Más ok miatt is nehéz feltételezni a közönséges olvadást. Eleinte azt gondolták, hogy a visszahúzódó fehér folt szegélyén jelentkező sötét sáv tenger, vagy legalábbis nagy kiterjedésű tavak láncolata. Ha a Mars felületén ilyen nagy kiterjedésű vízfelületek lennének, a felületükön visszatükröződő Napot látnunk kellene. Ha jelen van is a víz a Mars felületén, tartósan nem maradhat meg ebben a formában,

mert a Mars sivatagi szárazságú levegőjében hamarosan elpárologna.

Mint végeredményt leszögezhetjük tehát, hogy a hósapka anyaga dér, vagy zuzmaraszerű fagyott víz, de mindössze néhány centiméter vastagságú. Eltűnése a folyékony állapot kihagyásával következik be.

A Mars klímája

A Mars a Földhöz hasonlóan sötét égitest, mely a fényt és a hőt sugárzás formájában a Naptól kapja. Minthogy a Mars másfélszer távolabb van a Naptól, mint a Föld, a felületegységre eső hőenergia a távolság négyzete arányában kb. két és egynegyedszer kevesebb, mint nálunk. A Mars légköre ritkább lévén, a besugárzás erősebb, de éppen emiatt a kisugárzás is nagyobb.

Mindezekből már következtethetünk arra, hogy a Mars hőmérséklete alacsonyabb, mint a Földön.

Ha meg akarjuk mérni a Mars valamely zónáján uralkodó hőmérsékletet, olyan parányi műszert kell alkalmazni, mely az amúgy is kicsiny marsképen elkülönítve mérheti pl. a hósapka hőmérsékletét.

A csillagászatban használatos sugárzásmérők, a bolométer, a termoelem és a radiométer rendkívül parányi méretű műszerek, amelyeket a távcső fókuszában alkalmaznak. A bolométer elve azon alapszik, hogy a fémek ellenállása megváltozik, ha azokat sugárzás éri. Két kicsiny kormozott platinalemez szerepel itt s az ellenállás változását Wheatstone-híd méri. A termoelem azon az elven épül, hogy különböző fémekből álló zárt kör egyik forrasztási helyét melegítve, a másikat hűtve, a drótban áram — termoáram — indul. A radiométer lényege, finom kvarcszálon függő parányi lemezek, melyeknek egyik oldala elnyelő (kormozott), másik oldala tükröző. Sugárzás hatására a lemezek elfordulnak, amit a kvarcszálon levő kis tükörrre vetett fény-sugár mutat. E műszerek méretére jellemző, hogy pl. egy termoelem súlya a milligramm tizede, egy radiométer teljes súlya nem egészen egy milligramm.

Ne feledjük el az égitestek hőmérsékletmérésével kapcsolatban, hogy minden olyan test bocsát ki sugárzásokat, amelynek hőmérséklete mínusz 273 fok fölött van, tehát a sugárzásmérőket a mínusz 100 fok C hőmérséklet is mérhető.

A Marsról a szemünkbe érkező sugárzó energia egy része a talajtól, másik része a légkörtől ered. Ahhoz, hogy a talaj hő-

mérsékletét mérhessük, az össz sugárzásból ki kell rekeszteni a légkörtől eredő sugárzásokat. Ezt igen leleményesen úgy oldoták meg, hogy a műszer elé vékony vízréteget helyeznek el, ami a légkörtől eredő rövidhullámú sugárzást elnyeli, a műszerbe tehát csak a talajról származó sugárzás érkezik.

Egy másik igen fontos hőmérsékletmérési eljárás a hőmérsékleti sugárzás törvényén épül fel. Az égitestek sugárzásában az egész színképtartomány képviselve van. Arra nézve azonban, hogy a különböző hullámhosszokból álló színképtartomány közül melyik hullámhosszon legerősebb a sugárzás — a test hőmérséklete az irányadó. Ha tehát energia szempontjából végig lehet mérni az egész színképtartományt, kiszámítható a sugárzó test hőmérséklete. A Mars esetében nem ezt a nehezen keresztülvihető eljárást alkalmazzák. Megméri két jól mérhető színben (hullámhosszokban) az energiák viszonyát és a hőmérséklet már ebből is kiszámítható.

A mérések eredményeképpen a Mars felületének évi közepes hőmérséklete —25 fok C. A földi középhőmérséklet +15 fok, tehát 40 fokkal magasabb.

Igen nagyok a Marson a napi hőmérsékletingadozások. Egyes helyeken meghaladja az 50 fokot is. Ugyancsak erősek az évi ingadozások is. A mérsékelt zónában kb. 70 fok, az egyenlítőn 30 fok körül van. A talaj erős kisugárzása miatt gyors az éjszakai lehűlés. A ritka légkör miatt igen éles az ellentét a nappali talaj- és légköri hőmérséklet között. A talaj a nappal jórésztében mintegy 30 fokkal melegebb a levegőnél. A kiegyenlítés csak a napkelte idején következik be.

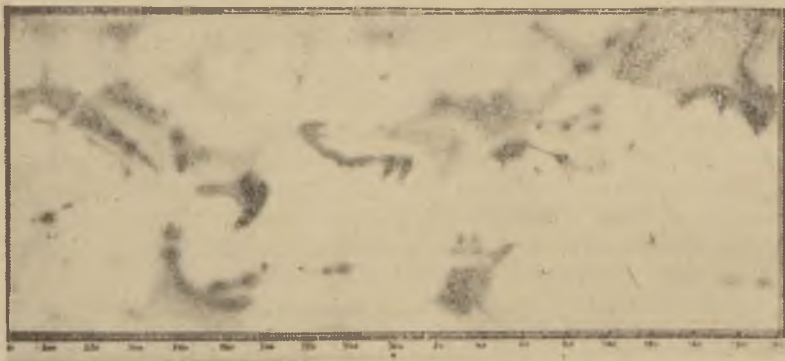
A mínusz 25 fokos évi átlaghőmérséklet mellett azért az egyenlítői és a mérsékelt zónákban a nyári hőmérséklet elég gyakran felülemelkedik a 0 fok fölé.

Sötét és világos zónák

A Mars felületének mintegy $\frac{3}{4}$ részét világos, vöröses és okker színű anyag borítja. Ezek a sivatagi területek. A vörös színeződés minden bizonnyal különböző oxidoktól származik. Ezek a területek az évszakok váltakozásával jóformán semmi változást nem mutatnak.

A sötét foltok viszont jórészt az évszakok váltakozásának megfelelően árnyalatukat, színüket és alakjukat változtatják. Vannak területek, melyek a nyár beköszöntével zöldes-kék színeződést öltenek s télre színük barnássá válik.

Nincsen ma még semmi közvetlen bizonyítékunk arra nézve, hogy az elszíneződést a kizöldülő, majd elszáradó növényzet okozná, mert az erre vonatkozó vizsgálatok eredményei még nem egybehangzóak. Vannak ezért olyan kutatók, akik kétségbe is vonják a marsbeli növényzet létét s a színváltozásokat a le-



5. kép. A Mars felszínének tagozódása a modern megfigyelések alapján. Fel vannak tüntetve a Pic du Midin észlelt csatornaszerű képződmények is. A sötétebb tónusú részek évszakonként színváltozást mutatnak. A világos részek a Mars sivatagi zónái.

vegő páratartalmának megváltozása következtében jelentkező fizikai-kémiai hatásoknak, különböző oxidációs folyamatoknak tulajdonítják. Egyelőre egyik vélemény sem jogosultabb a másikkal a kellő bizonyítékok hiányában.

A Marscsatornák

Bevezetőben megemlítettük már, hogy a Mars iránti széleskörű érdeklődést Schiaparellinek a csatornákra vonatkozó felfedezése váltotta ki. Tetézte az általánossá vált érdeklődést az a következtetés, amely a szabályos csatornák eredetét mérlegelve, intelligens marsbeli lényeket tételezett fel. Ha a Schiaparelli teljes csatornahálózata, az egyes és kettős csatornák geometriai szabályosságú rendszere, a csatornák találkozási csomópontjai és mindaz, ami Schiaparelli térképén van, igaznak bizonyulna, ma sem szabadulhatnánk a század elején elterjedt következtetések lehetőségétől. De tudnunk kell, hogy a Mars felülete Schiaparelli szerint is igen változó. Szerinte is az egyes csa-

tornák időnként látszanak, majd eltűnnek. Ugyanezt állapították meg az utána következő marskutatók is.

A marscsatorna rejtélyét az adta, hogy a legnagyobb műszerek nem mutatták a csatornarendszert. Nehéz ezt megérteni még akkor is, ha tudjuk, hogy Schiaparelli távcsövének optikája igen kitűnő s ő maga pedig rendkívül jó megfigyelő volt.

Az így felmerülő ellentmondások alapján akadtak — éspe dig egyre többen, akik Schiaparelli, Lowell, Pickering s más neves marskutatók csatornaábrázolásait optikai csalódás következményeként fogták fel. Hivatkoztak arra, hogy a láthatóság határán mozgó megvilágítási viszonyok mellett a megfeszített szemidegek sok mindent látni vélnek, ami a valóságban nincsen is meg.

Az újabb eredmények azonban ismét a csatornák létezése mellett bizonyítanak. A francia Pireneusokban a Pic du Midin felállított magaslati csillagvizsgálóban, rendkívül jó légköri viszonyok mellett 1941 óta folynak a rendszeres marsmegfigyelések. Ezek eredményeképpen máris sikerült kimutatni néhány egyszerű és kettős csatorna létét. Néhány esetben a részletes vizsgálat nyomán a csatornaszerű képződmények különálló pontok sorára bomlottak.

Az 1956-os nagy opposzió idejére a Palomárhegyi Csillagvizsgálóból Pettit máris bejelentette a csatornák problémájának tisztázására vonatkozó munkatervét. Az ötméteres távcső fényereje és felbontóképessége megengedi, hogy a Marsról a másodperc 60-ad része alatt fényképet kapjanak. Az eddigi felvételek megkívánt expozíciós ideje nagyobb volt, mint a légköri nyugtalanság vibrációjának szaporasága, így az alkalmazott expozíciós idő alatt ezek a légköri nyugtalanságok elmosták a képet.

Felvillanó fények a Marson

Csuneo Saheki több japán marsmegfigyelő feltűnően érdekes észrevételeiről számolt be a Sky and Telescope 1955 februári számában. Közli azokat a fényfelvillanásokat, amelyeket különböző japán megfigyelők 1937 óta vettek észre a Marson. A fényjelenség fényesebbnek tűnt, mint a Mars hósapkája, vagy a világos, fehér felhők s úgy scintillált, mint a csillag fénye.

Az első megfigyelést még 1937-ben Sizuo Mayeda tette. A Tithonius Lacus közelében feltűnő fény úgy scintillált, mint egy hatodrendű csillag. A tűnemény 5 percgig tartott, utána egyre csökkenő fényességű nagykiterjedésű szürkés felhő látszott.

1951. dec. 8-án a Marsfelület ugyanazon helyén Saheki figyelte meg egy hasonló felvillanást, amely ugyancsak 5 percig tartott.

1954 július 1-én ugyancsak Saheki az Edom Promontoriumban egy fényes fehér felhőt vett észre, amely egy másodpercig tartó hirtelen fényes felvillanást mutatott. A jelenséget kísérő fényes felhő színe a sárgásfehér, igen élénk fehér, majd ismét sárgásfehér színeken át változott.



6. kép. A japán megfigyelők által észlelt fényfelvillanás a Marson. A színporkázó fény 5 perc elteltével eltűnt s nyomában világos felhő keletkezett.

Az említett jelenségek egyrésze e peremhez egészen közel játszódott le abban a zónában, mely a marsbeli éjszakába fordul át.

Annyit mindenekelőtt még kell jegyeznünk, hogy e megfigyeléseket 20—30 cm átmérőjű 300—500-szoros nagyítású távcsövekkel végezték.

A tünemény mibenlétét ma még nem ismerjük, de magyarázatára négyféle lehetőséget említenek, amelyek mindjárt magukban hordozzák a cáfolatot is.

Felvillanó fényt okozhat a Marsban feltételezett nagyobb kiterjedésű víztükör reflektált napképe. Ehhez, legalább 300 méter átmérőjű tavakat kellene feltételezni. Ha ilyen vízfelületek lennének a Marson, már korábban is látni kellett volna e felvillanásokat. Különben is a Mars helyzete a Föld és a Nap irányához viszonyítva az említett esetekben olyan volt, hogy ilyen tükröződés nem állhatott elő.

Ha feltételeznénk, hogy jéggel borított hegycsúcsokról visszavert napfényt láttak, nehezen érthető és nem is magyarázható a felvillanást követő felhőképződés.

A Mars felületére hulló meteorok megmagyaráznák a felvillanást és a nyomában keletkező felhőt is, de a fényjelenség öt perces időtartama túlságosan hosszú ahhoz, hogy ez az eshetőség elfogadható legyen.

Ahhoz viszont, hogy a negyedik eshetőséget mérlegeljünk — a felvillanásokat mesterséges fényeknek fogjuk fel —, eleve tényként kellene elfogadnunk a marsbeli intelligens lények létezését, akikre vonatkozólag semmi bizonyítékunk nincsen.

Nem igen marad más hátra, mint az, hogy a tüneményt vulkáni tevékenységgel magyarázzuk. Természetesen nehézségek itt is felmerülnek. A nevezetes földi vulkánkitörések fénye a Mars távolságából láthatatlan lett volna. Fel kellene tehát tételeznünk, hogy a marsbeli vulkánok a földi vulkánoknál nagyobbak és időnként kitöréseik is fényesebbek.

Élet a Marson

Addig, amíg jóformán semmit nem ismertünk a Mars fizikai viszonyairól, a marsbeli élet kérdésében elfoglalt igenlő, vagy tagadó álláspont számára hiányzottak a vita érvei. Az egész kérdésben tág tere nyílt a filozófikus okoskodásoknak és a minden alapot nélkülöző fantáziának.

A marsfelület fizikai viszonyainak első kutatási eredményei után a felfogás e tekintetben eléggé mechanikus volt. Sokan csak azt tekintették, hogy a Mars jelenlegi viszonyai alkalmasak-e arra, hogy a Földön jelenleg ismeretes élőlényfajták ott megéljenek.

A dolog helyes megítélése tekintetében sokat köszönhetünk Tyihovnak és asztrobotnikai társasága tagjainak. Megállapításuk lényeges vonása, hogy az élet feltételeinek kérdését nem mai keresztmetszetében, hanem fejlődésében vizsgálták meg, amelyben rendkívüli szerep jut az élőszervezet alkalmazkodóképességének. Szerte a világon sokan vannak, akik így fogják fel ezt a régóta vitatott problémát.

Az élet marsbeli formációira nézve egyelőre közvetlen tapasztalatot nem szerezhethetünk. Csak arról lehet szó, hogy a színképelemzés módszereivel vizsgáljuk azokat a felületi részeket, amelyek az évszakos színváltoztatás miatt feltehetőleg növény-

zettel borított területek. Említettük már, hogy az ötméteres távcsővel is csak 6 km méretű tárgyakat lehet a környezettől elválasztva észrevenni.

A földi növények a reájuk eső napfényből a vörös sugarakat nagyrészt visszaverik. A Mars felületének azok a területei, amelyeken a növényi életet feltételezzük, nem verik vissza ezeket a sugarakat. A mechanikus gondolkodás kész a válasszal: a Marson nem lehetséges növényi élet.

Az alaposabb vizsgálat azonban azt mutatja, hogy a hideg égöv alatt élő földi növények melegháztartása egészen más, mint a melegágyi növényeké. A hidegégőviek, hogy életüket fenntartsák, igyekeznek minden hőszállító sugárzást felhasználni, tehát a vörös sugarakból is nagyobb mennyiséget nyelnek el. Érthető tehát, hogy a Mars zord klímája mellett az ott feltételezett növények hasonlóképpen viselkednek. Ezzel a gondolat-tal magyarázható egyben az is, hogy a Mars színeképében miért nem jelentkezik a földi növényekre általában jellemző klorofil elnyelési sáv a vörös színben.

A földi növényzet jellemző színe a zöld. A feltételezett marsbeli növényzet kékes színeződést mutat.

A hideg Pamir fennsíkon számos olyan növény és virág él, melyeknek szirmai kékek, levelei lilák. Ugyancsak lilás színeződést kapnak rövidesen azok az árpafélék, amelyeket magasabb hegyekre telepítenek. A zöld szín tehát a földi növényzetre sem kizárólag jellemző.

Vannak, akik a Mars zord klímája miatt tartják lehetetlennek az életet.

Számos olyan növényfajta él a Földön, amely rendkívüli mértékben hozzászokott a hideghez. A lakott földi területek közül a leghidegebb területek egyike Verhojanszk környéke, ahol már mínusz 70 fokot is mértek. Semmivel sem hidegebb és zordabb e vidék a Mars mérsékelt zónájánál, pedig itt még mintegy 200 fajta növény él.

Szokásos ellenvetés a marsbeli élet ellen a rendkívül nagy hőingadozás.

A Pamir fennsíkon évente mindössze 15—20 olyan nap van, amikor a hőmérsékleti minimum a 0 fok fölé emelkedik. Az évi hőmérsékletingadozás eléri a 102 fokot. Ennek ellenére az ott élő növények fejlődési időtartama 100—120 nap, nagyrészt tehát olyan napokból áll ez a szakasz, amikor a napi minimum a fagypontra alatta marad.

Északkelet Tibet egyes részein a hőmérsékleti ellentétek még júniusban is igen nagyok. Ugyanabban a völgyben reggel

még hóval borított a vidék s délben már színpompás nyárban gyönyörködhetünk.

Mint igen lényeges ellenvetést a Mars vízhiányát szokás még említeni.

Az emberi szervezet számára is igen kellemetlen, ha a légnedvesség 50% alá süllyed. Pamirban azonban igen gyakori a 10%-os légnedvesség. Pamir átlagos évi csapadéka 66 mm. Olyan növények élnek itt, amelyek a vizet rendkívül gondosan raktározzák el.

Az Alpokban 3000 m, Tibetben 6000 méter az élet felső határa annak ellenére, hogy az Alpokban sokkal több a csapadék. †

Nem fogadható el az élet cáfolataként a Mars kevés oxigénje sem, hiszen 6000 méter magasságban a Föld felszíne felett sem sokkal több oxigén van, mint a Marson.

Az itt felemlített ellenérveket Tyihov kijelentései ellen hozták fel különböző szovjet tudósok. A cáfolatokat Tyihov és munkatársainak széleskörű vizsgálataiból leszűrt eredményeként maga Tyihov fogalmazta meg a cáfolatokra adott válaszában. És ezek a válaszok meggyőzőbbek, mint a cáfolat érvei.

Az elmondottakhoz még joggal hozzátehetünk mást is.

Tegyük fel úgy a kérdést, hogy a Föld felületén ma előforduló millió és millió életvariáció között található-e olyanok, amelyek áttelepítve a Marsra, az ottani körülmények között tovább folytatnák életüket? A válasz igenlő. Az ember nyilván elpusztulna ott hamarosan, ugyanúgy az állatok és a magasabbrendű növények legtöbbször. De vannak szép számmal olyan organizmusok, amelyek számára a marsbeli viszonyok elviselhetőek lennének.

Megérzünk minden változást, ami környező világunk fizikai állapotában hirtelen bekövetkezik. Egy erős légáramlás, egy hirtelen lehűlés beteggé teheti szervezetünket. Idegeink megérik azt is, ha a légköri elektromosságban változás áll be. Megszédülünk és fülzúgást tapasztalunk, ha körülöttünk a légnyomás hirtelen megváltozik. Kellemetlenül hat reánk, ha a gravitációs gyorsulás értéke hirtelen megváltozik. És általában mindenféle változás a külső világ fizikai tényezőiben visszahat szervezetünkre. Tudjuk azonban jól, hogy sok mindent meg lehet szokni. A hegylakó megszokja az alföldet és fordítva. A délvidekiek megszokják a sarkvidéki hideget. A növények pedig rendkívüli mértékben alkalmazkodnak az új környezethez már rövid idő után. Nehéz volna megjósolni, hogy melyek a külső tényezők változásának határai, amit a kultúremler is meg tudna

szokni, ha korlátlanul állana rendelkezésére az idő. Nagyon valószínű, hogy a földi élet nem pusztulna ki azáltal, hogy klímája évezredek alatt 10—20 fokkal alacsonyabb hőmérsékletű lenne. Elképzelhető az is, hogy évszázadek alatt az élet alkalmazkodóképessége legyűrné azokat a változásokat is, amelyek a Mars és a Föld klímája között a jelenben fennállnak.

Ezeket a megfontolásokat semmiképpen nem lehet kihagyni akkor, amikor az élet lehetőségét keressük más égitesteken.

Középkori vakság lenne tőlünk, ha dogmatikusan tagadnánk az élet lehetőségét. Ismét középpontba helyeznénk Földünket, mint a Világegyetem kivételezett pontját. Leszükítenénk világképünket, mert ezzel a merev állásponttal azt zárnánk ki belőle, ami talán a legszínesebb valóság.

Egyelőre azonban maradjunk a tényeknél s szögezzük le, hogy az élet konkrét jeleit a Földön kívül még egy égitesten sem ismertük fel. A fantasztikumokra hajló állítás éppen annyira tudománytalan dolog, mint a merev tagadás.

Kulin György dr.

FELHASZNÁLT IRODALOM:

- Gérard de Vaucouleurs: Physique de la Planete Mars.
Lassovszky Károly: A Mars bolygó.
Zerinváry Szilárd: A naprendszer élete.
Zerinváry Szilárd: A Mars növényzete (Meteor 1953).
Sky and Telescope 1954. és 1955. évf.

A NAP ÉS FÖLD LÉGKÖRÉRŐL

Ha sétánk folyamán távoli nagy tornyot szemlélünk, úgy közben egy a közelben elkerékpározó rövid időre teljesen eltakarhatja szemünk elől a tornyot. De akkor is, ha fejünket kissé odébbhajlítjuk, előbukkanhat a torony egy részlete, sőt az egész torony. Hasonló a helyzet teljes napfogyatkozások alkalmával, amikor is Földünk egy-egy kisebb területe elől a közeli Hold elfedheti néhány percre a távoli Napot. Kissé távolabbi vidékekről nézve a Hold már csak részben fedi el a napkorongot; sokkal messzibbről pedig már egyáltalán nem észlelhetjük a fogyatkozást, még részlegesen sem. Ilyenkor a teljes napfogyatkozás zónájában kb. fél telihold fényességgel világító burkot látunk a Nap körül, amely csupán éjszakai világosságot áraszt a környezetre.

Teljes napfogyatkozáskor a napkorong szélétől néha több napátmérő távolságig szabad szemmel szemlélhetjük a Nap felső légkörét: a sugaras szerkezetű, kékes-fehér fényben tündöklő napkoronát. Benne (esetleges ritka kivételt nem számítva) pirosas lángnyelvhez hasonlítható képződményeket: protuberanciákat is látunk. Mind a napkorona, mind a protuberanciák igen erősen változnak. Hogy itt nagyfokú változások játszódnak le, az már innen is jól ismeretes, hiszen a teljes napfogyatkozásokat az utóbbi évszázad óta rendszeresen mind megfigyelik (tehát eddig mintegy ötvenet észleltek) és még soha sem tapasztalták a Nap e külső burkait egészen egyformának. Igaz, hogy több esetben a napkorona igen hasonló volt, de más alkalmakkor megint egészen másfajta szerkezetű. Egyszer hosszúrkás, máskor körgyűrű alakú. A piros protuberanciák is igen változatos formákat öltenek.

Fogyatkozáson kívül, kedvező alkalmakkor szabad szemmel még más elváltozásokat: foltokat is láthatunk a Napon. Ezek különösen régóta ismeretesek. Főleg közvetlenül napkelte után vagy a Nap lenyugvása előtt akkor vehetők a nagyobb foltok szabad szemmel észre, ha halvány, átlátszó felhőrétegen át né-

zünk. Régi kínai évkönyvekben is találunk említést ilyen megfigyelésekről.

A Nap eddig említett és sok más jelenségét még általában csak azért nem ismeri saját tapasztalatából mindenki, mivel Földünkön a napsugarak óriási fényzónében ezek összehasonlíthatatlan gyengébb fényei csaknem teljesen elvesznek. Valahogy hasonló a helyzet ahhoz, hogy az éjszakai sötétségben teljes reflektorral közeledő képkocsikon sem igen láthatunk részleteket és jóformán csak világító lámpájukat figyelhetjük meg.

Az első komolyabb napészlelések a távcső feltalálásával indulhattak meg. Többen is rendszeresen figyelni kezdték a Nap felületén a foltokat. Ezek a Nap felületéhez viszonyítva nem nagyok. Ha a Nap felületét egy kb. 1 méter átmérőjű asztalnak tekintjük, akkor a különböző napfoltok általában fémpénzeinknek megfelelő nagyságúak. Rögtön megállapíthatták, hogy a napfoltok száma erősen ingadozik, és már kb. 110 évvel ezelőtt kimutatták azt is, hogy ez nagyjából 11 esztendőszakasossággal ismétlődik. Később észrevették, hogy a foltokkal csaknem teljes párhuzamossággal változnak a Nap felületén az úgynevezett napfáklyák is. Ezeket közönséges távcsővel rendszerint a napkorong széle felé és főleg a foltok környékén lehet megfigyelni. A napfáklyák kifényesedett, eres szerkezetűnek látszó területek; kiterjedtebbek mint a foltok.

A Napra vonatkozó közvetlen észlelési tények közül ezt a néhányat, amelyet most röviden felvázoltam, egész egyszerű eszközökkel, mondhatnám műszer és különösebb technikai felkészültség nélkül lehet tapasztalni.

Ezek előrebocsátása után fordítsuk figyelmünket egy pillanatra a nappal és az éjjel, valamint az évszakok váltakozására.

Ezen változások oka közismert. Az évszakok és az éjjel és nappal váltakozása eredményezi azt, hogy légkörünk hőmérséklete nem állandó. Ez végső fokon annak következménye, hogy a Föld forog és a Nap körül kering, mégpedig úgy forog és kering, hogy a Föld forgástengelye nem áll merőlegesen arra a síkra, amely síkban a Föld a Nap körül évente egyszer körbejár. A Föld forgása és napkörüli keringése ebben a vonatkozásban „rövid idő” (párszáz év) alatt úgy tekinthető, hogy szigorúan pontos egyformasággal, teljes azonosossággal zajlik le. „Hosszú idő” (évtizedredek és százredek) folyamán azonban a Föld forgási tengely és napkörüli mozgásának pályája különféle módokon tetemesen elcsavarodik. Ezzel magyarázhatók, a Föld nagy éghajlati változásai: a különböző jégkorszakok.

De ezúttal nem ezekről a változásokról akarunk beszélni, amelyek végeredményben mind odavezethetők vissza, hogy a földfelszínre más-más hajlási szöggel esik be, a csaknem minden földi energia közös forrása: a napsugárzás.

Korlátozzuk figyelmünket arra, hogy mi lehet az oka annak, hogy időjárásunk egyik évről a másikra lényegesen eltérő lehet, annak ellenére, hogy a Föld Naphoz viszonyított forgása és keringése gyakorlatilag véve szigorú egyformasággal játszódik le. Így pl. Budapesten évről évre ugyanazon naptári napon majdnem pontosan egyező szabályossággal kellene emelkedni és süllyedni a hőmérsékletnek és a többi időjárási tényezőknél is ugyanúgy kellene változniok az év azonos napjain. Azonos év- és napszakban ugyanis a napsugárzásnak a földfelszínhez viszonyított beesési szöge egyezik és így, amennyiben a Nap sugárzása állandó, a beeső napenergia mennyisége is állandó kell, hogy legyen.

De változik-e a Nap kisugárzásának erőssége. Ha igen, eleendő méretű-e az ingadozás a felvetett probléma magyarázatához. Ezen kívül lehetnek-e más behatások, amelyek a közismert időjárási kilengéseket, azaz a normális átlagtól való eltéréseket részben vagy egészben okozhatnák.

A tűzhányóhegyek kitorései vagy más földfelszíni elváltozások nem jöhetnek általában számításba a szóban forgó időjárási eltérések értelmezésénél. Ezt biztonsággal azért jelenthetjük ki, mivel tudjuk, hogy milyen nagyfokú földfeletti történésnek, pl. jelentős erdőirtásnak vagy telepítésnek kell végbe menni, ahhoz, hogy bizonyos, aránylag csekély időjárási módosulás jöjjön létre egy-egy kisebb területen.

Gondolhatunk esetleg a Holdnak és a Napnak a Földre gyakorolt ár-apályt keltő erejére. Mint ismeretes, a Holdnak és a Napnak a Földre gyakorolt vonzása okozza a tengerek ár-apály jelenségeit. Kétségtelen, hogy ez az erő légkörünkben is okoz változásokat, de bizonyossággal tudjuk, hogy ezeknek az időjárási kilengésekre komolyabb kihatásai nincsenek. Mert, ha volnának, akkor az ár-apályt keltő erő jól ismert szakaszosságával meg egyező ütemben feltűnően változna időjárásunk.

Más, nem a Naptól eredő külső behatások szinte a semmivel egyenlőek, az időjárásváltozás szemszögéből nézve. A csillagok sugárzása egyáltalán számba sem jöhet. Az igen nagy energiájú részecskéket tartalmazó, légkörünkben kívülről becsapódó kozmikus sugarak sem. Hiába van ezeknek nagy energiájuk, ha számuk túl kicsiny. Így mai ismereteink szerint

majdnem biztosra vehetjük, hogy légkörünkre, mint egészre, annak változásaira nincsenek számottevő módosító hatással. A legújabb eredmények szerint a kozmikus sugarak egy része egyébként valószínűleg a Naptól ered.

Az elmondottak nyomán nyilvánvaló, hogy csak a Napon lejátszódó változásokban kell keresni az okokat Földünk minden lényegesebb időjárásváltozásának magyarázatához.

Először és főleg a napfoltok hatására gondoltak. Könnyű kiszámítani azt, hogy a Nap felületéről mennyivel több vagy kevesebb napfény jut el a Föld felszínére, attól függően, hogy több vagy kevesebb folt van-e a Napon. Régóta köztudomású, hogy szó sem lehet arról, hogy közvetlenül a napfoltok és a napfáklyák fényességének változásaival, az így előálló sugárzás-csökkenés és növekedéssel lehessen magyarázni a földi időjárási kilengéseket. Bár elvileg kétségtelen, hogy a Nap ezen képződmények révén hol kevesebb, hol több sugárzást bocsát ki. Az ezzel kapcsolatos tényállást talán a következő hasonlattal tudnám érzékeltetni. Ha a forró és fülledt nyári nap teljes szélcsendjét egy átmeneti kis szél szakítja meg, úgy ezáltal enyhül a hőség. Nyilvánvaló, hogy már néhány madár röpködése is feltétlenül bizonyos fokú légmozgást, azaz szelet okoz. De nem hihetjük, hogy bárki is valaha ezúton a kánikula csökkenését érezhette volna. Legfeljebb ugyanilyen mértékben mutatkozhatik meg csupán a napfoltoknak, ezeknek a környezetükhöz képest, vagy ezer fokkal csökkent hőmérsékletűnek ismert helyeknek hatása levegőnkre.

A napkorona, a protuberanciák és a (Nap közvetlenül látható és közönségesen napfelületnek emlegetett része és a korona között elterülő) középső naplégkör szüntelenül változó jelenségeinek esetleges földi kihatásával, kezdetben kevesebbet foglalkoztak. Ezen rétegek, illetve naplégköri képződmények olyan halványak és olyan kevés fényt kibocsátó objektumoknak látszanak, hogy közönségesen, különféle optikai műszerek és berendezések nélkül távcsővel sem figyelhetők meg. A légkörünkben szétszóródó napfény következtében létrejövő nappali világosság általában jóval meghaladja fényességüket. A naplégkör bármely része és tüneménye fényességének erőssége, átmenetileg igen nagymértékben ingadozhatik. De még ilyenkor is, egyes ritka kivételektől eltekintve, magának a napfelületnek a (közönségesen látható és fényképezhető) fénye sokszorosan túlszárnyalja azokét. De vajon lehetnek-e ezen gyengefényűnek mutatkozó és ezért csak körülményesen észlelhető napjelenségeknek számottevő kihatásai Földünkön. Nem annyi-e mindez, mint egy

csepp a tengerben. Hiszen a napléggör kisugárzásai elvesznek a napfelületről áradó sugárözönben.

Hogy a helyzet valóban egészen más, arra újból csak más területre kalandozó példán keresztül szeretnénk a figyelmet felhívni. Képzeljük el, hogy valaki éjjel kiülne szobája erkélyajtájába, bent pedig az ajtó felé irányítva meggyújtának egy filmfelvételeknél használatos óriásfényű, úgynevezett Jupiterlámpát és egy orvosi kvarclámpát. A kívül levő aligha venné észre az utóbbi gyenge, kékes fényét, míg a másik világánál akár regény olvasásába kezdhetne. Idővel azonban, ha huzamosabb időre elmerülne könyvébe, az észre sem vett kvarclámpától eredő láthatatlan ultraibolya sugarak teljesen leégethették testének fedetlen bőrfelületét. A kvarclámpa égő és ajtóra irányított voltát csak az üvegajtó nyitvahagyása mellett állapíthatná meg efféle kellemetlen tapasztalattal, mert ellenkező esetben, a kvarc csőben levő, elektromos úton világításra gerjesztett higanygőzök ultraibolya sugarait az ablaküveg nem engedné át. Tehát: egy összehasonlíthatatlanul gyengébb fénynek látszó fényforrásnak is lehetnek lényegesen komolyabb hatásai.

De kísérjük meg példánkat még kissé tovább kiaknázni. Az üvegajtó szerepében nagyjából földi légkörünkre ismerhetünk. A Napból Földünk irányába érkező nagyenergiájú, láthatatlan sugárzások zömét ez tartóztatja fel. De vajon ténylegesen mind úgy nyeli el, mint az üveg (a „kvarcnak” nevezett, valójában azonban) a higany ultraibolya fényét. Aligha. Ezen a ponton példánk, ha tovább erőltetnénk a hasonlatot, már erősen sántítana. A napléggör különféle és közvetlenül halványnak észlelhető sugárzásaival együtt érkehetnek, sőt bizonyos esetekben már teljes biztonsággal tudjuk, hogy érkeznek is igen nagy energiájú és valószínűen szintén tetemes váltakozó erősségű sugárzások földi légkörünkbe. Mikor ezek javarésztben légkörünk nagy magasságú rétegeiben fennakadnak, ott sokféle hatást eredményezhetnek. Nyilván szüntelenül befolyásolják azokat és ennek következtében a más-más magasságban levő különféle fizikai állapotú légrétegek közvetítésével hatásaik lejuthatnak a legalsó, a földfelülettel közvetlenül érintkező rétegekig, aminek az állapotváltozásait időjárásnak nevezzük. Hogy ez valóban így játszódik-e le, és hogy mi módon mehet végbe egy ilyen folyamat, erre ma még a tudomány távolról sem adott kielégítő választ. Még voltaképpen a legelső lépésnél tartunk: a Nap különféle sugárzásai valamelyest eredményes tanulmányozásánál. A megfigyelő kutatások elé legfőbb akadályként éppen földi légkörünk tornyosul. Nem járhatunk el teljesen ahhoz hason-

lóan, ahogy erkélyes emberünk nyilván cselekedhetne: az akadémiai üvegajtót félretolhatná és a fényforrások mibenlétéről alkalmasabb közelebbi helyről győződne meg. Egyelőre még csak néhány, műszerekkel felszerelt rakétát sikerült a 100 km-es magasságú légrétegek fölé sikeresen fellőni. De így, az utóbbi évek folyamán máris egy-két fontos tényről lehetett tudomást szerezni.

Talán meglepő, hogy azok ellenére, amit eddig mondtunk, már a múlt század elején kezdték észrevenni, mintha bizonyos földi jelenségek változása nagyjából párhuzamosan haladna a napfoltokéval.

Így például több évtizedre kiterjedő megfigyelési anyag egybevetéséből azt tapasztalták, hogy bizonyos gyakoriságok maximumai és minimumainak időpontja ugyanazon évre esik. Elsőnek a földi mágnesség bizonyos változásai és a napfoltok szakaszos ingadozásai között találtak párhuzamos menetet. Ki kell emelnünk, hogy „bizonyos” változásai, mivel a földmágnességnek még igen sok fajta más változása is van. Hamar észrevették azt is, hogy Földünk északi és déli sarkvidékének környékén, néha nap mint nap látható sarkifény fényessége is jóformán párhuzamosan halad a napfoltok gyakoriságával. Sőt ez áll nemcsak a sarkifény erősségére, hanem arra is, hogy a sarkifény, a sarkoktól délre, illetve északra milyen messzeségben fekvő helyekig látható. Amikor sok napfolt van, akkor a sarkifény alacsonyabb földrajzi szélességeken is feltűnhetik az év egy-egy éjszakáján. Valószínűleg többen emlékeznek rá, hogy nálunk Magyarországon is észlelhető volt már nem egyszer és talán az is eléggé tudott, hogy ugyanakkor mindig szokatlanul magas volt a naptevékenység, vagy az eddigi szóhasználatnál élve, igen sok volt a napfolt.

A példák számát még szaporíthatnánk. De ez a két elsőnek észrevett, félremagyarázhatatlan összefüggés elegendő ahhoz, hogy a figyelmet újból a napfoltokra tereljük. Mi lehet a dolog magyarázata, hiszen amint erre már utaltunk, maga az a tény, hogy a napfelület a foltok miatt többet vagy kevesebbet sugároz, egyáltalán nem lehet döntő, sőt emiatt inkább szabadna ellentétes értelmű kapcsolatra gondolni. A megoldáshoz vezető utak bizonyára mind azon felismerés mellett és mögött rejlenek, amelyet egész röviden és legfőbb vonásában úgy foglalhatunk össze: a Napon csaknem minden a napfoltokkal szoros kapcsolatban együtt változik.

Ezért a földmágnesség és a sarkifény és a napfoltok között talált statisztikai egyezések fennállanak a foltokon kívül még

más napjelenségekre is. Ebből az következik, hogy ha a Nap és földi hatásai között az ok és okozati kapcsolatokat keressük, egyrészt nem elegendő statisztikai vizsgálatokra szorítkozni, másrészt tüzetes alaposággal kell tanulmányozni a Nap különböző jelenségeitől eredő sugárzásokat, mind minőségi, mind mennyiségi szempontokból.

Lássuk sorjában milyenek is azok a sugárzások, amelyek a Naptól a Földre érnek. Beszéljünk először az elektromágneses hullámokról. A látható és láthatatlan fény is az. De jól ismert tény, hogy ezen kívül még igen széles skálája van az effajta sugárzásoknak. Többek között a rádióhullámok és a röntgenfény is elektromágneses hullám. A más-más elnevezésű elektromágneses hullámok lényegileg csak annyira térnek el egymás között, mint a magashang és mélyhang. A hullámhossz, pontosabban az úgynevezett frekvencia, azaz rezgésszám nagyságában különböznek egymástól az elektromágneses hullámok.

A második világháború után jöttek rá arra a korszakalkotó felfedezésre, hogy a Naptól rádióhullámok is sugárzódnak ki. Ezeket leginkább az 5 méter körüli és az ennél rövidebb hullámhosszúságú sávon különleges antenna-rendszerekkel foghatók fel jól és érzékeny rádió vevő készülék hangszóróján bizonyos zörejekként hallhatóvá válnak. (A gyakorlatban azonban hangszóró helyett más, számszerű adatok rögzítése szempontjából alkalmasabb elektromos műszerek segítségével tanulmányozzák.)

Azt már régebről tudjuk, hogy a vörös fénynél sokkal hosszabb hullámhosszú, szemünkkel közvetlenül nem látható infravörös sugárzások is érkeznek a Föld felszínéig a Naptól. A szemünkkel érzékelhető fénynek a rádióhullámokéhoz képest igen-igen rövid a hullámhossza. Az utóbbi évek során az infravörös sugárzás felfogására ólomszulfidot alkalmaztak és elektromos úton így a hosszú hullámhosszak irányában már-már a rádióhullámok tartományát megközelítő hullámhosszúságig sikerült a Napot megfigyelni.

De lehet fényképezni és mérni szemünkkel ugyancsak érzékelhetetlen rövid hullámhosszú napsugárzásokat is. E rövid hullámhosszú sugárzások zöme, amint az előzőekben már említettük, nem jut el Földünk felszínéig. Onnan bizonyos ez, mert az ultraibolya napfény sugárzás annál erősebb, minél magasabbra megyünk. Mindenki tudja, hogy magas hegyekben hamarabb süllünk le napfürdőzésnél, mint tengerszinten. Nyilvánvaló tehát, hogy a Nap rövidhullámhosszúságú sugárzásai a légkör magasabb részeiben nyelődnek el. Elnyelődnek annak ellenére,

hogy légkörünk felfelé igen tekintélyesen ritkul. A nagy magasságokra felengedett rakéták segítségével való észleléseknek a rövid hullámhosszúságú napsugárzások kutatásában ezért van, illetve lesz fontos szerepük. Ejtőernyővel, épségben földreért rakétás fényképfelvételekről állapították meg, hogy a látható fény hullámhosszúságánál több ezerszeresen rövidebb, röntgenfényszerű sugarak is jutnak légkörünkbe a Napról.

A Nap közönséges fényét a vízcsepp és jégkristály nélküli, azaz felhőmentes légkör csak rostálás-szerűen akadályozza. A felhők azonban már tetemes mennyiségben elnyelik, hiszen a Napot teljesen eltakarják szemünk előtt. Ezzel szemben a Nap észlelhető rádiósugárzása szinte gyengíthetetlenül jut a vastag felhőrétegeken át. Már ez a kis megjegyzés rávilágít arra, milyen nagyjelentőségű a Nap vizsgálata a rádióhullám-tartományban.

Az elektromágneses hullám energiája annál nagyobb, minél rövidebb a hullámhossza. Eszerint a rádióhullámnak a „fénynél”, a láthatónak az ultraibolya fénynél és mindezeknek a röntgensugárnál sokkal kisebb energiája van. A nagyobb energiájú sugárzások a levegő atomjaiba és molekuláiba inkább be tudnak hatolni, ott elnyelődhetnek és azáltal azokat könnyen ionizálhatják, azaz egy-egy elektronjukat kiszabadítják. Légkörünk legfelsőbb, különösen a 100—300 kilométeres magasságú rétegeiben a Nap rövidhullámú elektromágneses sugárzásának hatására ezért van oly sok elektromos töltésű részecske.

A kisebb energiájú, hosszabb hullámhosszúságú sugárzásnak, a közönséges fény- és rádióhullámoknak ilyen hatása nincs légkörünkre. Kissé pongyolán megfogalmazva azt lehet mondani, hogy ezek a sugárzások legfeljebb szinte el-el pattannak a levegő atomjairól és számbajöhetően közvetlenül alig befolyásolják légkörünk fizikai állapotát.

A Földünk felszíne felé tartó különféle elektromágneses napsugárzások útjába légkörünk sok változatú és igen különböző fokú akadályt állít. Hogy legfontosabb és legjellemzőbb vonásaiban ez miben áll, arra a következő igen durva hasonlattal szeretnék még egyszer rávilágítani. Képzeljünk el egy nagyon magas tornyot egy szűk utcákkal keresztezett, sűrűn beépített városnegyedben és, hogy a toronyból különféle súlyú, ökölnyi golyókkal dobálják a háztetőket. Nyilván annál nagyobb elevenerővel fognak ezek becsapódni, mennél súlyosabbak. A súlyosabb golyóval rövidebb, könnyebbel hosszabb hullámhosszúságú napsugárzást jelképezhetünk. Az épületek tetőzete pedig jelentse légkörünket. A röntgensugarak legyenek ólomgolyók.

Ezek a tetőcserepeket átütve ott nyilván mind fennakadnak. Az ólomnál könnyebb fémekből és fából készültek javarésze is erre a sorsra jut. De a nem nagyon nehéz fagolyók minden bizonnyal már tekintélyes számban fognak a földig hullni, legfeljebb közben megrongálják a tetőzetet. Mindezek az ultraibolya sugárzásnak a megfelelői. A közönséges fényt bőr- és gumilabdáknak foghatjuk fel. Közülük már csak az az aránylag kevés nem fog földet érni, amely pl. éppen padlásablak üvegére vagy már nehezebb golyó által megrongált tetőrészre elegendő erővel esik rá, hogy azt átüsse. Az egész könnyű, ping-ponglabdák még az ilyen helyeken sem okoznak elváltozásokat és szinte kivétel nélkül eléri a földet akárcsak a Nap említett rádióhullámai.

Hasonlatunk, ha tovább tagolnánk, nem minden részletben volna helytálló, de a Nap elektromágneses sugárzásainak a földfelszínre való lejutása szempontjából elég jól érzékelteti a viszonyokat és megmutatja, hogy miként lehet helyes az az első pillanatra paradoxnak tűnő állítás, hogy éppen a kisebb energiájú sugárzások érnek le legkönnyebben a földfelszínre és miért a nagyenergiájúak akadnak meg elsősorban légkörünk felsőbb rétegeiben. Egyébként, ha hasonlatunkat tökéletesíteni akarjuk, akkor a háztetőkre még szorgos munkássereget kell képeznünk, akik a tetőzetet állandóan javítják és pedig olyan ütemben, hogy ha a toronyból lehulló különféle golyók száma az időben állandó, akkor a mindenkor még kijavítandó össztetőfelület nagysága ne is növekedjen, de ne is csökkenjen. A napsugárzás hatására légkörünk ionizálódó gázzrészecskéi ui. folyamatosan regenerálódnak, mert a pozitív elektromos töltésű atomok és molekulák, amint csak tehetik, magukhoz vonzzák a leszakított negatív-töltésű elektronokat.

A Napnak az elektromágneses sugárzásai mellett vannak még úgynevezett korpuszkuláris sugárzásai is. Mind az utóbbi időkig erre csupán elméleti megfontolásokból és ezt alátámasztó laboratóriumi modellkísérletekből lehetett következtetni. Ma már bizonyos újkeletű észlelések alapján szinte teljes biztonsággal mondhatjuk, hogy a Napból hidrogénatomok is érkeznek Földünkre. Úgy tudjuk, hogy a hidrogénatomok magra és elektronra kettéválva futják be útjukat Földünkig. Így az általuk képzett korpuszkuláris sugárzás, elektromos állapota miatt a Föld közelében, a földmágnesség hatására eltérül eredeti pályájától és légkörünkbe főleg csak a sarkkörök vidékén juthat be. Ilyen részecskék ütközésükkel világításra gerjesztik legfelsőbb légrétegeink atomjait. Az így keletkező fénytüneményt nevezzük sarki fénynek.

Hogy a Napról különböző gázok tényleg elrepülhetnek, azt bizonyos napészlelésekből már régebben is valószínűnek tartották. Többször tapasztalhatjuk, hogy egyes protuberanciák úgy mozognak és olyanoknak látszanak, mintha felszállának és végleg leszakadnának a Napról, ma még alig ismert erők hatására. Sebességük nagy. Ha nem volna így, akkor nem is győzhetnék le a Nap vonzóerejét.

Összegezve tehát: sokféle, igen nagy energiájú sugárzások érik Földünket a Napról, de ezek túlnyomórésztben légkörünk magas rétegeiben nyelődnek el, közvetlenül el sem jutnak a Föld felszínéig. Az így fennakadó energiákból csak kis tört részek hatolnak lejjebb sugárzás alakjában.

Bizonyos nagyenergiájú napsugárzásokról biztosan tudjuk, hogy erősségük tetemes mértékben ingadozik. Ezen sugárzások mennyisége, mai tudásunk szerint azonban maximális erősségük idején is még jóval kisebb összenergiát jelent, mint a gyakorlatilag változatlanul ismert összes közönséges napfény. De, ha ez a helyzet földi hatások szempontjából nem olyan jelentéktelen szerepet játszanak-e csupán a nagyenergiájú napsugárzások, mint amilyent a birkozóbajnok töltene be akkor, amikor egy vonatszerelvényt játszva eltoló ezer ovodás gyereknek akarna segíteni.

Ilyen körülmények között azt mondhatná valaki, hogy eléggé kilátástalannak látszik a Nap nagyenergiájú kisugárzásának változásaival értelmezni a Föld időjárásbeli kilengéseit. Az időjárásbeli rendellenességek a Föld alacsony légrétege év- és napszaktól független megváltozásai. Az időjárásbeli rendes menetét elsősorban a Naptól alig ingadozó nagy mennyiségben kisugárzó és a Föld felszínéig nagy százalékban lejutó kisebb energiájú napsugárzások alakítják ki. Éspedig főleg az által, hogy a Föld felülete elnyeli ezeket a sugárzásokat, felmelegszik ettől és a felmelegedett földfelszín hat vissza, elég jól ismert módon légkörünk alacsony, néhány kilométer vastag rétegeire.

Ezzel szemben a Naptól eredő kisebb mennyiségű, de nagyenergiájú és nagyon ingadozó erősségű sugárzások közvetlenül jóformán mind a felsőbb légkörben nyelődnek el. Ezen energiák sorsának további alakulását azonban, amint a megelőzőkben már utaltunk rá, ma még különösen sűrű homály borítja. Pedig a kérdés megoldásának kulcsa valahol itt rejlik. Bizonyítja ezt, pl. hogy újabb megfigyelési adatokból azt találták: összefüggés van bizonyos nagyenergiájú napsugárzás ingadozásokat okozó, Napon végbemenő események és a földfelszínen

mért légköri nyomásváltozások között. A Napnak efféle közvetlen hatását légkörünk alacsony rétegeire sehogyan sem tudjuk értelmezni. A dolog helyes magyarázatát sokkal inkább abban kell keresni, hogy a Föld magasabb légrétegeinek változásai idézik elő a közbenső rétegek segítségével a légnyomásnak és általában is időjárásunknak legtöbb átlagtól való eltéréseit.

Annyi mindenesetre teljesen biztos, hogy a felső földi légrétegeket közvetlenül befolyásolja Napunk. Többek között tény az, hogy a középső naplégkörben észlelhető úgynevezett erupció tűneménnyel percnyire egyszerre növekedik meg a Föld felső légrétegeinek elektromos volta és tudjuk, hogy ezt az ultraibolya sugárzás felerősödése mi módon hozza létre.

Mindezekből láthatjuk, hogy „a dijbirkózó és a gyerekek” említése nem volt találó. Ehelyett párhuzamot vonhatunk a Nap földi időjárásunkat befolyásoló viselkedése és ágyúval támogatott, puskás katonákból álló ezredek harcai között. A különféle napsugárzásoknak a más-más tűzhatású lövedékek felelnek meg. A hadiszerencse nyilván aszerint fog váltakozni, hogy mikor, milyen fajta ágyúgolyókkal és milyen sűrű lövésekkel segítik a kézi lőfegyverek harcát. A tűzérési tűz azonban általában, a gyalogságtól eltérőleg a front más helyein, sőt a mögött és közvetlen hatáskörben másképpen avatkozik a küzdelembe. És amíg pusztán néhány ágyúval, gyalogság nélkül egyáltalán nem is lehet területeket katonailag elfoglalni, addig egy, csak puskákkal felszerelt ezred ezt már megteheti. A nagyszámú puskás harcos döntő szerepéből a közönséges napfény alapvető időjárást kialakító hatására akarunk újból rámutatni. Az időjárási kilengéseket pedig a Nap nagyenergiájú sugárzásainak változásai valószínűleg valahogy ahhoz hasonlóan hozhatják létre, ahogyan módosítja az ágyúk erősebb vagy gyengébb beavatkozása egy csata kimenetelét. De az időjárás rendellenességei másodlagosan nyilván még igen számos más tényezőktől is függhetnek, éppen úgy, mint ahogy az űtközeteket sem döntik el egyedül a kisebb és nagyobb lövedékek.

Önként kínálkozik még az a kérdés, hogy a nagyenergiájú napsugárzások változásai valóban nagy hatásokat idéznek-e elő felső légrétegeinkben és hogyan szerezhetünk erről tudomást.

Ezzel kapcsolatban talán nem felesleges, ha előljáróban a földi rádiózásról említünk egyet-mást.

Régóta ismeretes, hogy a rádió adóállomás antennájából messzire, értve ezalatt olyan távolságot, ahol a Föld görbültsége már számít, a rádióhullámok csak azáltal juthatnak el, ha a magas légkörben valahol visszatükröződnek. Az elektromág-

neses hullám egyik sajátossága ugyanis az, hogy általában egyenes vonalban terjed. Igaz, hogy a közeg, amelyben a hullámok tovaterjednek, elhajlíthatja ezeket. Az elhajlás, vagy ahogy sokkal inkább nevezik, a törés, a levegőben aránylag kicsiny. A fénynek ezt a légköri sugártörését csillagászati észlelések során vették először észre. (Ennek értékével a csillagászati helymeghatározás céljából végzett észleléseket mindig javítani kell.) A kísérletek bebizonyították, hogy a rádióhullámok is elhajlanak légkörünkben. Az elhajlás nagysága azonban távolról sem elegendő ahhoz, hogy ilyen módon a messzebbre eső adóantennákból vevőkészülékeinkbe érkezhessenek a rádióhullámok. (Az energia egy része magán a „földön halad”. De ez még éppenséggel csak kisebb távolságokig hasznosítható.) Már pedig bárki saját maga tapasztalhatja, hogy akár a Föld túlsó feléről is lehet rádióműsort hallgatni. Ekkora távolságra a rádióhullámok a felső légkör és a földfelszín közötti többszöri visszaverődés révén hatolnak el. Így pl. a Szovjetunió keleti felének rádióadóiból kibocsátott hullámok kb. két-háromszor tükröződnek, amíg hazánkig eljutnak.

A rádióhullámok terjedését alkalmas antennarendszerekkel mindamellettt irányítani tudják. Pontosabban: el lehet érni azt, hogy az antennán keresztül áramló energia zöme aránylag kis nyílású kúpban, meghatározott irányban sugározódjon ki. Ilyen, függőlegesen felfelé kibocsátott kísérleti adásoknak az adóállomások helyén történő felfogása segítségével kiválóan tanulmányozhatók, a hullámokat visszaverő légrétegek. Közvetlenül és egyszerűen mérhető, hogy mennyi idő telik el az adás és a vétel között. Ebből, mivel az elektromágneses hullámok terjedési sebességét ismerjük, minden különösebb matematika nélkül egyszerű szorzással kaphatjuk meg a tükröző réteg (két-szeres) magasságát. A tükröződés fokát nyilván a hangerőből határozzák meg, mert a tükrözés sohasem teljes, az összenergiából bizonyos hányad részben elnyelődik, részben áthalad. Hogy mennyi energia tükröződik vissza, ez a légréteg elektromos állapotától, az ottlevő ionizált atomok és molekulák, illetve az ezekből kiszakított elektronok számától függ. A különböző hullámhosszak általában más és más erősséggel és eltérő magasságokból verődnek vissza.

Láthatjuk mindezekből, hogy mi módon lehet felső légrétegeink fizikai állapotáról a rádiótechnika révén pontos értesüléseket szerezni. Érdemes felemlíteni még azt, hogy a kimondottan ilyen észlelések céljaira szerkesztett különféle rádióberendezéseken kívül, a közönséges távolabbi műsoradók (ha szabad ezt

a kifejezést használnom) hozzáértő füllel való, tervszerű lehallgatásával is lehet tudományos szempontokból hasznosítható észleléseket végezni. Valahányszor a rádióvétel megjavul vagy elromlik, ez rendszerint a felső légrétegeinkben történő változásokra hívja fel figyelmünket. Kivétel természetesen az, ha az adó és vevőkészülék közelében lévő elektromos berendezésektől, vagy más rádióállomások közeli, hasonló hullámszakon való adásától romlik meg a vétel. Ezeket a zavaró jelenségeket azonban elég könnyen meg lehet különböztetni.

A rádió tehát felső légrétegeink fontos megfigyelő műszere. Rádióval végzett kutatásokból állapították meg teljes biztonsággal, hogy tényleg igen nagy mértékben változnak felső légrétegeink. Az ottani fizikai állapotok erősen függenek először attól, hogy milyen magasan áll a Nap a horizon felett, vagy hogy mennyi idő telt a napnyugta óta. Másodsorban, de nem másodsorban attól, hogy milyen jelenségek észlelhetők a Napon, így pl. gyakran az is számottevőnek tűnik, hogy sok folt látszik-e rajta vagy kevés. Ha valaki csak egy esztendőn át, gyakrabban hallgat külföldről, messzebről jövő rádióműsort, észreveheti, hogy nappal és éjjel vagy nyár és tél idején mennyire mások a vételi viszonyok, különösen az ún. középhullámhosszakon.

De miért időztünk ilyen soká a rádiózásnál, a rádióhullámokat visszaverő légrétegeknél. Azt szabadna talán mondani, hogy a Nap által éppen ezen, általában 100 km-nél feljebb elterülő rétegekben okozott változások keltenék másodlagosan az időjárási kilengéseket? Ilyen határooztt kijelentést a kutatások eddigi eredményeinek fényében még nem tehetünk, ámbár több, legújabb keletű észlelési tény szól amellett, hogy efféle hatás részben lehetséges. Ennek „ellenére, főcélunk az volt csupán, hogy meggyőzően mutassunk rá arra, hogy alacsony légrétegeinktől eltérőleg, magas légkörökben milyen nagyfokú, közvetlen naphatások vannak és néhány igen biztos adatot és kísérletileg könnyen vizsgálható dolgot nem akartunk elhallgatni.

A nagy távolságokra hatoló rádióközvetítést lehetővé tevő légrétegeinknél lejjebb, a földfelszín felett mintegy 50 km magasan (oxigénből álló) vastag ózon-réteg van. Ez is az előbb tárgyaltakhoz hasonlóan nagymértékben változik a Nap ultraibolya sugárzás-ingadozásának hatására. Az ózon-rétegről mábátrabban kimondhatjuk, hogy valószínűleg komoly kapcsolatban áll az időjárással. Az újabb vizsgálatok összefüggést találtak ezen réteg változásai és az alsó légkör légtömegeinek mozgása között.

Még egy megjegyzést kell tennünk a rádió-adóállomásainkból felfelé áradó hullámokat a földszín felé visszairányító légrétegekkel kapcsolatban. Ezek nyilván külső felükön is tükröznek. Hiszen az eddig említettek mellett a tükrözés mértéke lényegesen csak a beesés irányától függ. Rádió adó- és vevőkészülékeink működését a Nap rádióhullámai valószínűleg főleg ezért nem zavarják, nem pedig azért, mintha a Nap, a (földi) rádiózásnál használatos hullámhosszakon nem bocsátana ki energiákat.

A rádióműsorokat továbbító rádiósugárzásoknak általában hosszabbak a hullámhosszaik, mint azoknak, amelyeknek Napról való érkezését néhány év óta észlelik. Ebben semmi különös nincs. A nagyobb hullámhosszakat jelentő kisebb energiákról képzelhető el leginkább, hogy mind kifelé, mind befelé jövet könnyen feltartóztathatók. A Napból, a hosszabb rádióhullámok, lehet, hogy ahhoz hasonlóan nem jutnak a föld felszínéig, ahogyan, visszaemlékezve egy előző példánkra, a toronyból ledobált papírgalacsinok sem érnek földet, mert ezek az említett könnyű golyók- és lapdáktól eltérőleg könnyebben fognak fennakadni a háztetőkön. Ezek a Napból, feltételezhetően szintén számottevő mennyiségben szétsugározódó hosszabb rádióhullámok, tehát minden bizonnyal részben kifelé verődnek vissza felső légrétegeinkről, de részben, akár csak rádióállomásaink energiái, el is nyelődnek ott és így a magaslégkör energiatartalmát növelhetik meg. Hogy számításba kell-e venni az elméletből következtethető ezen energiatöbbletet vagy sem, ma még nyílt, komolyabban fel sem vetett kérdés.

Mind az utóbbi időkig azt hittük, hogy a Napból kiáramló elektromágneses energiák erősségének eloszlását az egyes hullámhosszokra és ennek okát jól ismerjük, Újabban bizonyos mérések kételyeket ébresztettek ez iránt. A Napról, néha legalább ezerszer erősebb rádiósugárzást észlelnek, mint amekkora gerjesztését a mai tudomány értelmezni tudná. Lehet, hogy ezeken a pontokon még döntő meglepetések előtt állunk.

A nagy jelentőségű tudományos eredmények mellett szándékosan domborítottuk ki a nehézségeket. A Föld különböző, távoli helyein dolgozó kutatók és sokféle tudomány képviselőinek békés együttműködése, közös erőfeszítése kell ahhoz, hogy Napunknak földi hatásait a gyakorlati szükségletek szempontjából kielégítő alapossággal megismerjük. Megint csak hasonlattal szeretnék élni annak érzékeltetésére, hogy a legtöbb esetben hol tart jelenleg a tudomány e nagy cél felé tartó uton. Ha egy szobában gyerekek hancúroznak és kintről üvegcsörömpölést hal-

lunk, akkor bizonyosak lehetünk afelől, hogy valami kár esett, és teljesen valószínűtlen, hogy pusztán téves halucináció történt volna. De azt, hogy, mekkora a kár, melyik gyerek a tettes, milyen körülmények között és pontosan mi történt, és nincsenek-e komolyabb következmények, esetleges sérülések, mindezeket, a zaj megállapításából még nem tudjuk eldönteni. Ennek megfelelőleg nyugodtan állíthatjuk: biztosra vehetjük a Napból jövő sugárzásoknak, ma még részleteiben alig feltárt legkülönbözőbb földi hatását. Egyelőre legtöbbjüknél, így biológiai vonatkozású esetekben még csupán azt vették észre, hogy néha valamilyen földi jelenség változása goromba párhuzamban játszódik le bizonyos Napon végbemenő történéssel. Ha azt keressük, hogy mi mit okoz, akkor elsősorban azt kell néznünk, hogy bizonyos jelenségekkel egyidejűleg vagy valami szabály szerint később bekövetkezik-e egy másfajta is. Az a tény, ha közülük kettő egyszerre hasonló ingadozást mutat, néha már önmagában is bizonyítéknak tekinthető arra, hogy a két jelenség között ok és okozati összefüggés van. Ám ez a legtöbbször csak szükséges, de korántsem elegendő feltétel. Sajnos ilyen jellegű kutatásoknál ezt a hibaforrást a legnehezebb s a legtöbbször alig lehet kiküszöbölni.

Az a kérdés, hogyan befolyásolja a Nap a Föld időjárását, amit a jelenleg előadottak középpontjában állítottunk, mint láttuk, felettébb szövevényes ügy, de talán azért különösen fontos, mivel több gyanított naphatás csupán látszólagos és valószínűleg igen sokszor csak másodlagosan az időjárási elemek rendellenességein keresztül okoz változásokat. Mindezen kérdések tisztázásában természetesen az elsőleges szerep a napfizikára hárul. A napfizika a Napon végbemenő jelenségeket, főleg a napfoltok, a napkorona, a protuberanciák változásait és a különböző egyéb naptüneményeknek egymáshoz való kapcsolatát és azt vizsgálja, hogy e képződmények feltűnésével és változásával hogyan módosul a Nap energiakisugárzása.

Ezen kérdésekkel és ezek időjárásunkkal való valószínű összefüggésével már sok kutató foglalkozott. Régebben is találtak nyomokat, amelyek követése reményteljesnek látszott. Mégis a legtöbb kutatás az események időbeli lefolyásánál a különböző szakaszosságok között egyezők keresésében merült ki és majdnem mindig zsákutcába jutott. Csak újabban sikerült először szilárdabban megalapozott összefüggéseket találni. A közrejátszó sok ismeretlen tényező miatt a kutatók többsége elég reménytelennek látta midezideig a kérdések közeli megoldhatóságát. Így nem csodálkozhatunk, hogy mindazon állami és társadalmi

szervek is, amelyek szerte a világon hivatva lettek volna az ilyen irányú kutatásokat támogatni, keveset tettek ennek érdekében. Jellemző arra, hogy mennyire aránytalanul elhanyagolták mind a közelmúltig a Napnak az időjárási rendellenességeinkkel kapcsolatos kutatását, hogy az első szakkönyv, amely erre nagyobb (mintegy 4 ív) terjedelmet szentel, csak nemrég, 1948-ban jelent meg (Moszkvában).

Pedig a békét kereső emberek ki akarják küszöbölni az időjárás kilengéseinek káros hatását is. Sok helyen munkások és tudósok dolgoznak, hogy a földfelszint úgy változtassák meg, hogy az időjárás ma még előre nem látható változásainak káros hatásai a lehető minimumra csökkenjenek.

Ezekkel a nagyszabású munkálatokkal legalább egyenrangú, ha nem fontosabb a Nap földi hatásainak kikutatása. Hiszen csak ha előre meg fogjuk tudni mondani, hogy milyen napjelenések mikor következnek be, mikor, milyen hatást fognak kelteni Földünkön, akkor lehet majd csak igazán előre felkészülni és így legmegfelelőbben kihasználni a Nap kedvező, akadályozni nem kívánatos hatásait.

Az előadottak nyomán nem kell külön bizonyítani, hogy a csillagászati tudomány, annak egyik, más szempontokból is fontos ága: a napfizika mennyire életbevágóan gyakorlati jelentőségű dolgokkal foglalkozik. Nemcsak arra jó, mint ez különösen a múltban hazánkban általános köztudat volt, hogy egyesek a csillagok tanulmányozásában, mások az érdekes eredményekben gyönyörűségüket leljék.

Dezső Loránt

ŪRHAJÓZÁS, MINT TUDOMÁNY

„...deltájban hirtelen forgószél kerekedett, megpenderítette hajónkat, felkapta a levegőbe és körülbelül háromezer stadionnyi távolságban nem eresztette le a tengerre, hanem a szél nekifeszült a vitorláknak, kidagasztotta a vásznat, s úgy vitte fent a levegőben lebegő hajónkat. Hét nap hét éjjel repültünk odafönt, a nyolcadikon megpillantottunk a levegőben valami nagy, szigetforma földet: fényes volt, gömbalakú, valami vakító ragyogásban tündöklött. Amint odaértünk, kikötöttünk rajta, kiszálltunk, körülnéztünk a vidéken, s azt tapasztaltuk, hogy a föld lakott és meg van művelve... ez a föld az, mely nekünk alulról a Holdnak tűnik.”¹ — írta somosatai Lukianos az I. u. II. században „Igaz Historia” című fantasztikus regénye bevezetőjéül. Az ezt követő másfélezer évben Lukianosnak még számos követője akadt a gazdag képzeletű írók között, de a XIX. század művelt olvasója (és írója) ugyanúgy képtelen mesének tekintette ezeket az „úrhajós” történeteket, mint egykor az ókori római az „Igaz Historiát”.

Valóban, például Cyrano de Bergerac harmattal töltött üvegcséi (ezekkel szállt fel a Holdba) vagy Verne híres ágyúja, mely hosszú kabátos, cilinderes hőseit a világűrbe lőtte, mai szemmel nézve rendkívül gyatra eszközök, és a modern rakéta-repüléshez kevés közülük van. Mégis ezek a könyvek nemcsak érdekesekek, de fontosak is, mert primitív, de bizonyos értelemben már tudományos elképzeléseik egy messzire és magasra vezető út kezdetét jelentik.

Ma az emberek többféleképpen vélekednek az úrhajózásról. Legtöbbször csak a fantasztikus regényeket ismerik, ezek határozottan hangoztatják, hogy ártalmatlan álmodozás az egész, mert ember Földünket soha (vagy még sokszáz évig) nem hagyhatja el. Mások viszont néhány (különösen Amerikában divatos) „szenzációs” újságcikk alapján úgy vélik, hogy holnap, vagy holnap-

¹ Lukianos: Igaz História. (Kner 1922.)

után indulunk a Holdba, és az űrhajózás néhány évtizeden belül olyan közönséges lesz, mint ma a légitforgalom. Végül a csillagászatok egy része a népszerű folyóiratok, könyvek és rádiónyilatkozatok túlzásai és tévedései miatt hallani sem akar erről a kérdésről, nem tekintti tudománynak az asztronautikát.

Pedig az asztronautika — az űrhajózás fizikai, technikai, csillagászati, orvosi, meteorológiai stb. vonatkozásainak összessége — ma már gyorsan fejlődő, kiterjedt tudomány, mellyel nemzeti és nemzetközi szervezetekbe tömörült szakemberek százai foglalkoznak az egész világon. A Szovjetunió Tudományos Akadémiája mellett nemrég külön bizottság alakult a bolygóközi közlekedés kérdéseinek tanulmányozására, és 1955 augusztusában 16 nemzet több mint száz tudósa tárgyalt Koppenhágában a VI. Nemzetközi Űrhajózási Kongresszuson. Magyarul azonban a népszerű ismertetéseken kívül még alig írtak róla — ez is oka a vélemények sokféleségének. Természetesen lehetetlen egyetlen cikkben összefoglalni az asztronautika összes ágazatát, az eredményeket, problémákat és célkitűzéseket, ezért a következőkben elsősorban arról lesz szó, ami csillagászati szempontból érdekes. Tehát:

1. Hol tart jelenleg a nagysebességű rakéták építése, melyek a legközelebbi feladatok és tervek?
2. A csillagászokat milyen feladatok elé állítja az űrhajózás és mennyivel fogunk többet tudni a Világmindenségről akkor, ha valóban megvalósul?
3. Melyek az asztronautika aktuális politikai és tudományos kérdései?

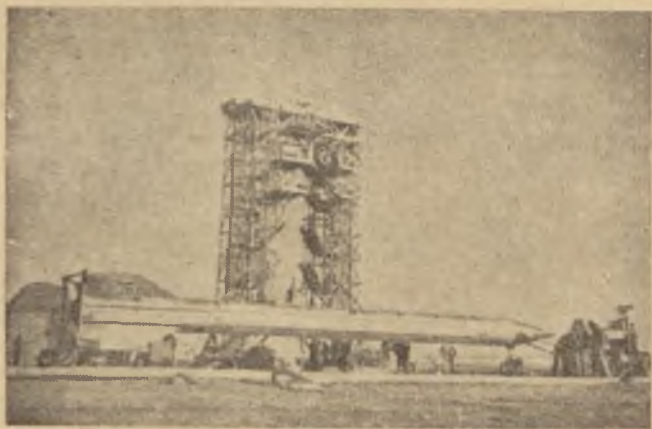
Az itt következő válaszok idővel természetesen erősen módosulni fognak, hiszen ez a fiatal tudomány szinte napról napra fejlődik, és nehéz vele lépést tartani. Mégis érdemes lerögzíteni az eddig elért eredményeket — különösen azok számára, akik az űrhajózást ma is álomnak tekintik — és beszéljünk a nehézségekről is, hogy a túlzott optimisták álláspontja józanabb, tudományosabb legyen. Aki pedig az emberiség végtelen lehetőségeiről, vagy a tudomány haladásáról akar meggyőződni, ismerkedjen meg az asztronautikával — szebb példát nehezen találhat.

Rakétarepülés

Fizikai törvény: minden test, melyet 7,9 km/sec-nál kisebb sebességgel dobunk fel a levegőbe, menthetetlenül visszaesik a földre. A 7,9 és 11,2 km/sec közötti sebességgel, alkalmas szögben kilőtt lövedék keringeni kezdhet a Föld körül, és mindaddig

„mesterséges hold”-ként halad pályáján, amíg a levegő közeg-ellenállása le nem fékezi.² Végül az a repülő, mely több mint 11,2 kilométert tesz meg másodpercenként, végleg elhagyja bolygónkat.

Célszerűtlen természetesen már itt a talaj közelében elérni ezt a kritikus sebességet, mert az alsó, sűrű légrétegek nagy fékítő hatása miatt a lövedék lelassul, és nem képes leküzdeni a Föld vonzóerejét. Ezért nem felel meg technikai szempontból



1. ábra. Rakéta az indítótorony mellett, felállítása előtt.
(Journal of the British Interplanetary Society vol. 13. No. 4 234. o.)

semmilyen óriás-ágyú lövedéke; olyan gépezetre van szükség, mely a felső atmoszféra igen ritka levegőjében képes *saját* hajtóanyagával (tehát a környezettől függetlenül) nagy sebességre felgyorsulni.

Ilyen szerkezet a *rakéta*, sőt tulajdonképpen ez az egyetlen rendelkezésünkre álló eszköz, mást pillanatnyilag még elképzelni sem tudunk.

A rakéta elvben rendkívül egyszerű, játéknak és hadi eszköznek a kínaiak sokszáz évvel ezelőtt használták már. Lénye-

² Az asztronautika magyar szakkifejezései legnagyobbbrészt teljesen hiányoznak még. A továbbiakban a „mesterséges hold” és „űrállomás” elnevezések fordulnak elő a gyakoribb, de tudományos szempontból hibás „mesterséges bolygó” kifejezés pótlására. Az űrállomás szót a régi „űrhajó” analógiájára használom a betű szerinti fordítás (tér-állomás) helyett, ha a mesterséges holdon már emberek is vannak.

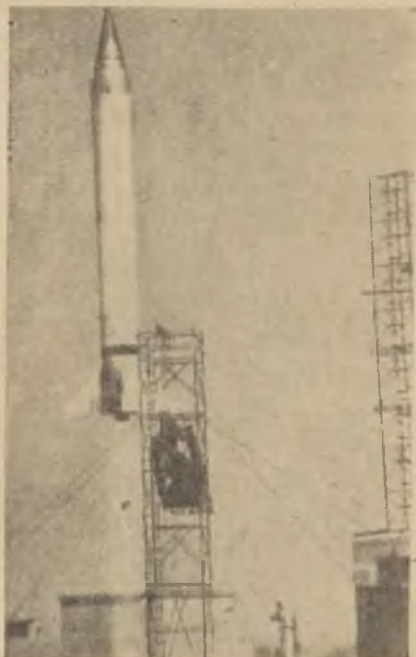
gében nem más, mint egy tartály, melyből meghatározott irányba, nagy sebességgel anyagot dobunk ki. Newton III. törvénye szerint ekkor a tartályra ellenkező irányú erő fog hatni, tehát az egész berendezés mozgásba jön. Röviden ennyi az, amit a rakétáról az elméleti fizikus mond, viszont a két-hárromezer fok égési hő, a több kilométer másodpercenkénti sebesség *gyakorlati* megvalósítása már komoly feladat elé állítja a technikust, ezért a kínai tűzijátéktól a mai óriás-rakétaig hosszú az út.

Ezen az úton Esnault-Pelterie, Oberth, Goddard és mások mellett jelentős szerep jutott Konstantin Ciolkovszkij orosz fizikusnak. Autodidakta volt, aki negyven évi középiskolai tanári működése közben közel száz cikkével és számos könyvével megvetette a modern rakétarepülés alapjait. Már 1903-ban olyan bolygóközi rakétát tervezett, melynek hajtóanyaga — mint a maiaké — folyadék. Egész életében azon dolgozott, hogy nagyratörő tervei megvalósuljanak. „A csillagászat megragadott engem, mert nemcsak a Földet, hanem részben az egész világegyetemet az emberi nem tulajdonának tekintetem és tekintem ma is.” — írja önéletrajzában 1926-ban. Ugyanitt olvashatjuk: „Annak a problémának néhány részletén dolgoztam, hogy reaktív eszközök, különösen rakéták segítségével felemelkedjünk a világűrbe. Tudományos adatokon alapuló és sokszorosán igazolt matematikai következtetések mutatják, hogy ilyen eszközök segítségével lehetséges felszállni az égi terekbe, és talán elhelyezhető egy kolónia a földi légkör határain. Valószínűleg eltelik még száz év, mielőtt az itt kifejtett nézetek alkalmazásra találnak, és a nép arra használja fel azokat, hogy szétszóródjon nemcsak a Föld felszínén, hanem az egész Világmindenségben.”³ Ciolkovszkij tehát részletesen foglalkozott azzal a kérdéssel, hogy hogyan lehetne rakétán elhagyni a Földet, sőt — mint látjuk — már egy mester-séges holdról is volt elképzelése.

Mégis a harmincas évek végéig a rakétarepülés kísérleti stádiumban maradt, ugrásszerű fejlődésnek csak közvetlenül a háború előtt indult. Ekkor ugyanis ismét felfedezték, hogy a rakéta pusztításra is használható. A németek a Balti tenger mellett, Peenemunden nagy földalatti gyárat létesítettek, ahol naponta harminc V2 rakéta készült, amelyekkel később London polgári lakosságát bombázták. A V2 már „folyadékös” rakéta, tehát szerkezete nem sokban tér el a maiakétól; ismerkedjünk meg röviden technikai alapelveivel.

³ Journal of the British Interplanetary Society (JBIS) 1954. év nov. Thompson: „A famous Russian Encyclopaedia of Astronautics.”

Minden rakétánál a kidobott anyag — gáz, mert ez sokkal célszerűbb, mintha például homokot, vagy vízsugarat használnánk. A hajtóanyag ezzel szemben sűrű, hogy kis helyen sok férjen el belőle. Ezért modern rakétákban a szilárd vagy folyékony robbanóanyag meggyújtásakor keletkező gázok lökődnek ki nagy sebességgel a gépből. Ha por alakú a robbanószer, akkor egyszerű ugyan az égész szerkezet, de gyújtás után tovább nem szabályozható. Nagy rakétáknál ma inkább folyékony gyújtóanyagot használnak, mert egyrészt egy gázturbinával hajtott



2. ábra. Rakéta indulása. Ez volt a 10. Viking, mely 1954. máj. 7-én 217 km magasságot ért el. (JBIS. vol. 13. No 4 214. o.)

könnyű pumpáló szerkezettel az adagolást egyenletessé lehet tenni, másrészt egy kilogramm folyékony hajtóanyag (az égéshez szükséges oxigénnel együtt) több energiát tartalmaz, mint ugyanannyi szilárd, tehát használata kifizetődőbb. Az újabban ajánlott hidrazin — salétromsav keverék mellett általában a hidrogénperoxid bomlástermékeit, vagy folyékony oxigént és etilalkoholt alkalmaznak, mindig oly módon, hogy az egyik tápláló

anyagot, mielőtt bekerül az égési térbe, hűtésre használják (a keletkező hőmérséklet csökkentése sajáthűtéssel alapvető probléma.)

Érdemes megjegyezni néhány technikai adatot: a V2 hossza 14 méter, átmérője 170 cm, súlya 10 tonna körüli, legnagyobb sebessége 1600 m/sec, magasságerekord 183 km. Az egész hajtóanyag 70 másodperc alatt ég el.

Az amerikaiak a háború után felhasználták és tökéletesítették a zsákmányolt német rakétákat. Tudományos és technikai szempontból legfontosabb eredményeiket (a kisebb „Aerobee” és „Rockoon” típus mellett) elsősorban a „Viking” nevű rakétákkal érték el. Egy átlagos „Viking” 13,7 m hosszú, a belé szerelt tudományos eszközök súlya 450 kg. A 7. Viking 1951-ben 1820 m/sec sebességgel 217 km magasba emelkedett, sőt a legújabb hírek szerint a 11. Viking 1954-ben 254,3 km-es rekordot ért el.

Könnyen észrevehető azonban, hogy ez még meglehetősen távol van az űrhajózáshoz szükséges sebességtől és magasságtól. Ugyanakkor többen kimutatták már, hogy ezek az óriás rakéták erősen közelednek teljesítőképességük felső határához. Hogyan lehet növelni a rakéta sebességét? Bebizonyítható, hogy

$$v = c \cdot \log m/M$$

ahol „ v ” a rakéta, „ c ” a kidobott anyag sebessége, „ m ” a rakéta tömege induláskor, „ M ” pedig abban a pillanatban, amikor a hajtóanyaga teljesen elfogyott. Az m/M viszonyt tömegarány-nak nevezik. Látható, hogy elsősorban a kidobás sebességét lenne célszerű növelni, ez azonban kémiai reakciókkal igen nehéz. Három kilométer másodpercenkénti sebességnél e téren jobbat elérni reménytelennek látszik, márpedig a szökési sebesség eléréséhez ilyen „lassú” kidobási sebesség mellett 41,5-es tömegarány kellene, — ez pedig technikailag megvalósíthatatlan. A V2-nél 3 a tömegarány (vagyis a végső tömeg az eredetinek harmada), a Vikingnél 3,5 és szakemberek szerint 7,5 fölé aligha emelhető. Ezek szerint egyetlen rakéta 4,5 km/sec-nál nagyobb sebességet semmi módon nem érhet el, noha ahhoz, hogy a Földet elhagyjuk, ennek legalább két és félszeresére lenne szükség. (A levegő ellenállását nem is számítottuk!)

Ez a súlyos nehézség mégis megkerülhető, és a döntő lépés, az ún. lépcsőzetes rakéta megalkotása, már évekkel ezelőtt megtörtént. Az ötlet maga igen egyszerű. Űgy lehet a tömegarányt a kívánt mértékben növelni, hogy útközben lekapcsoljuk azokat

a kiürült tartályokat, melyekre a rakétának tovább már nincs szüksége. Álljon például a rakéta három egymáshoz csatolt „lépcsőből”, melyek közül az alsó súlya 150, a középsőé 25, a felsőé 5 tonna. Miután az első részben elhelyezett 135 tonna üzemanyag elhasználódott, egy 15 tonna súlyú üres tartály leválik és visszahagyja a Földre, miközben a második lépcső működni kezd. Itt a kiürült tartály súlya legyen 2, 5 tonna, ennek leesése után megmarad az 5 tonnás utolsó lépcső, melyben 3750 kg az üzemanyag és 1250 kg a hasznos teher. Figyeljük meg, hogy mindegyik lépcsőn belül a tömegarány pontosan négy, mégis ezzel a fokozatos-



3. ábra. Rakéta 1,1 másodperccel elindulása után.
(„Csillagok Világa” I. évf. 4. szám címkép)

sággal olyan sebesség érhető el, mely egységes rakétánál 44-es tömegarányának felel meg! Ily módon 3 km/sec kidobási sebesség mellett a rakéta utolsó része 12,5 km/sec sebességgel elhagyja a Földet. A lépcsőzetesség előnye tehát az,⁴ hogy például a más-

⁴ Technische Rundschau. 1953. júl. 31. „Weltraumfahrt“.

dik fokozatban „az első rész meglévő végsebességhez még egyszer ugyanakkora sebesség-érték adódik hozzá.”

Mindez ma már részben megvalósult. Még 1949-ben egy V2-re szerelt kis, harmadtonnás „WAC Corporal” jelzésű rakéta 412 km magasságba jutott, vagyis jóval túl a légkör határán. Az „effektív tömegarány” a második lépcső végén 2,7 helyett 7,4 volt. Elvben két lépcsővel a 9 km/sec, hárommal a 13,5 km/sec sebesség megközelíthető. Tovább nem érdemes növelni a fokozatok számát, mert a hasznos tömeg erősen fogy, anélkül, hogy a sebesség jelentősen növekedne.

Megemlítjük még, hogy a háború óta számos „lökajtásos”, vagyis a rakéta-elv alapján működő repülőgép típus is készült. Egy „Skyrocket” pilótája már 1949-ben 24,2 km magasra jutott, tehát $1\frac{1}{2}$ km-el feljebb, mint a sztratoszféra léggömbök utasai. (Ma 25,3 km a rekord.) Természetesen ilyen magasságban már jelentkeznek az űrhajózás első fiziológiai problémái: a szükséges légnyomást, oxigént stb. biztosítani kell.

Itt tartunk tehát pillanatnyilag. Mielőtt rátérnénk a további feladatokra és nehézségekre, érdemes összefoglalni azokat a tudományos eredményeket, melyeket az eddigi kísérletek során rakétákban elhelyezett műszerekkel állapítottak meg. New Mexikó sivatagjain eddig 69 rakétafelszállás során 20 tonna tudományos anyagot vittek fel átlag 200 km magasra — ezután fontos és érdekes híreket kaptunk arról a „külvilágról”, mely a légkörön túl kezdődik.

A magaslégkör kutatása rakétákkal

Az eddigiek alapján még bárki joggal gondolhatná, hogy egy-egy rakéta-kísérlet csak afféle „erőpróba” az űrhajózáshoz, és jelentősége mindössze annyi, mint egy sport-világcsúcsé. Ez azonban tévedés. Minden műszerekkel felszerelt rakéta, noha csak néhány percet tölt a felső légkörben, közvetve és közvetlenül fontos adatokat szolgáltat a meteorológia, napfizika, aerodinamika, atomfizika, és geofizika számára. Közvetett haszna asztronautikai szempontból, hogy elősegíti az önműködő berendezések, a távirányítás és adat-közlés, valamint általában a tudományos műszerek fejlődését, hiszen a rakéta helyzetének pontos rögzítése, vagy a nyert adatok visszajuttatása a földre, olyan technikai feladatok, melyek később az első űrhajónál döntő fontosságúak lesznek.

Hogyan határozzák meg például valamely pillanatban, hogy a rakéta hol tartózkodik?

1. Jó időben teodolittal 130 km magasságig követni lehet.
2. A rakéta sorozatos fényképfelvételeket készít a földről, ezeket utólag, leérkezés után kimérik.
3. Közvetett módszerek segítségével. Ugyanis nem messze a talajtól, ahol az egyes fizikai paraméterek értéke már jól ismert, a kozmikus sugárzás erőssége, a földi mágneses tér iránya stb. is adhat tájékoztatást az elért magasságról.

4. Végül legpontosabb az ún. DOVAP (Doppler Velocity and Position) eljárás, mely a rádióhullámok ismert terjedési sebességét használja fel. Lényege az, hogy a starthelyről egy rádióadó megszakítás nélkül jeleket küld a rakéta, és három igen messze elhelyezett vevőállomás felé. A rakéta adó-vevő berendezése vétel után ezeket azonnal újra kisugározza, a távoli vevőállomások tehát egyrészt közvetlenül az adóból, másrészt a rakéta közvetítésével kapják a jeleket — természetesen kis időkülönbséggel. Ennek segítségével a rakéta térbeli helyzete a három állomásról 30 cm pontossággal határozható meg, sőt — mivel a Doppler effektus következtében a beérkezett hullámok rezgésszáma is kissé különböző — a rakéta pillanatnyi sebességét is mérni lehet, mintegy 30 cm/sec hibahatáron belül!

Másik, megoldásra váró technikai probléma a műszerek által feljegyzett adatok megszerzése, visszajuttatása volt. Erre három út kínálkozik:

1. A rakéta önműködő rádióadója repülés alatt közli az eredményeket.
2. A műszereket tartalmazó „rakéta-orr”, miután elérte a maximális magasságot, leválik és ejtőernyővel ereszkedik vissza a földre (a készített filmekkel, fényképekkel, magnetofonszalagokkal stb. együtt).
3. Valamilyen légköri instabilitás létrehozása, melyet azután innen alulról észlelni lehet.

Mindhárom módszert széles körben alkalmazzák a magaslégköri kutatásoknál, de az űrhajózás szempontjából különösen az első fontos.

A rakéta-kutatások közvetlen haszna — a műszerek által mért adatok. Eleinte ezeket csak a régebbi, elméleti úton nyert eredmények ellenőrzésére kívánták felhasználni, de ma már számos új felfedezést is köszönhetünk nekik. Érdeemes megjegyezni, hogy közönséges repülőgéppel 20. százatoszféra léggömb-

bel (ember nélkül) 42 km-nél magasabbra még nem jutottak, tehát a rakétákkal vizsgált többszáz kilométer vastagságú légrétegről eddig semmiféle mért adattal nem rendelkezünk (leszámitva néhány meteor- és sarki fény észlelést, valamint a rádióhullám visszaverődési kísérleteket).

Rakéták műszereivel a következő területen dolgoztak:

1. A magaslégkör fizikai állapota (nyomás, hőmérséklet, sűrűség, légáramlások stb.).

2. A magaslégkör kémiai összetétele (ózon koncentráció, disszociáció stb.).

3. A magaslégkör elektromos és optikai állapota, ionoszféra kutatások (ion- és elektronsűrűség, mágneses terek és elektromos áramok, a „nappali ég fénye” stb.).

4. Felhők eloszlása az alsó légkörben.

5. A Nap sugárzásának vizsgálata az ultraibolya színekpartományban, X sugárzás,^{4/a} szoláris konstans.^{4/b}

6. Meteorészlelés és mesterséges meteorok.

7. Elsődleges kozmikus sugárzás.

A felsorolt pontok közül számunkra elsősorban az utolsó három érdekes, ezért a többinél csak a legfontosabb eredményeket soroljuk fel. Általában az a tapasztalat, hogy kétszáz kilométerrel a talaj felett a légkör hőmérséklete, nyomása és sűrűsége az elméletileg számítottnál alacsonyabb. Száz kilométer magasságban nagyobb eltéréseket találtak a töltött részecskék koncentrációjában is. Az atmoszféra ózontartalmát és az ózonréteg vastagságát a Nap ultraibolya sugárzásában tapasztalt intenzitásnövekedésből számították ki, hiszen köztudomású, hogy ez a réteg nyeli el az ultraibolya sugarak nagy részét. A kémiai összetétel nagyjából a várakozásnak megfelelően alakult, bár eddig csak egy tömegspektográf méréséről tudunk, és a többi módszer elég megbízhatatlan.

Fontosabbak számunkra azok az eredmények, melyek a Nap sugárzásának egy eddig teljesen hozzáférhetetlen részét tárták fel a távoli ultraibolyában. A földi légkörön kb. 2900 Å-nél rövidebb hullámhosszú sugarak ugyanis nem képesek áthatolni. Száz-kétszáz kilométer magasságban viszont a Nap színekpe 2100 Å-ig igen jól (40 Å/mm diszperzióval), 1850 Å-ig rosszabbul

^{4/a} Az ultraibolyánál nagyobb rezgésszámú elektromágneses sugarakat, melyek hullámhossza száz és század Å közé esik, röntgen vagy X sugaraknak nevezzük.

^{4/b} A légkör felső határán a napsugarakra merőlegesen elhelyezett 1 négyzetcentiméteres felületre másodpercenként érkező hőmennyiség.

és 1700 Å-ig helyenként vizsgálható. Az intenzitás olyan gyorsan esik, hogyha át akarjuk lépni a 2100 Å-ös határt, akkor automatikus „napkövető”-re van szükség. Ezzel sikerült először meglatni a Lyman-sorozat $H\alpha$ vonalát 1216 Å-nél! Eddig mintegy 400 új vonalat azonosítottak a távoli ultraibolyában, többségük ismert elem elméletileg már ismert vonala.

Legérdekesebb azonban a napszinkép folytonos alapjának intenzitás-eloszlása, melyet 1946 és 1952 között hat rakétafelszállás során nyert 15 görbéből átlagoltak. A szinkép erőssége 2700 Å alatt igen gyorsan csökken, 2200 Å-nál már csak tizede az elméletileg számoltak, úgyhogy nem 6000, hanem 5000 °K feketetest hőmérsékletnek felel meg. A folytonos alapot különben 1850 Å-ig lehet követni, de az intenzitás olyan rohamosan fogy, hogy 2000 Å alatt már alig találtak részleteket. Érdekes, hogy a legújabb eredmények szerint 1050—795 Å körül az intenzitás újra nagy, és az 5—10 Å hullámhosszú, puha X sugarak több nagyságrenddel erősebbek annál, mint amit vártak.

Megmérték a szoláris konstans elméleti úton számtalanszor megállapított értékét is, és 64,3 km magasságban a „hivatalos” 1,94 helyett 2 gm cal/cm²/sec-nek találták.

Végül érdekesek még azok a kísérletek, melyekkel a „nappali ég fényességét” (airglow) határozták meg. Az éjjeli ég fényéhez hasonló jelenség ugyanis nappal is fellép, de természetesen a légkörben szóródó napsugarak miatt a földről nem tanulmányozható. Érzékeny 1P21-es multiplierrel felszerelt magaslégköri rakéták kimutatták, hogy a nappali ég fénye 35 km-ig a várakozásnak megfelelően gyorsan csökken (3%-ra), de azután hirtelen újra növekszik és 40—70 km között körülbelül állandó. Még magasabban periodikus ingadozások léptek fel, de egész 130 km-ig a fényesség, meglepő módon, az éjjelinek mintegy tízezerszerese. Magyarázatot a jelenségre még nem találtak, de feltűnő, hogy a nappali és éjjeli ég fénye szinképében is különbözik.⁵

Hátra lenne még utolsó két pontként a meteorok és kozmikus sugarak vizsgálata. E témákkal azonban később külön fejezetben foglalkozunk, mert pillanatnyilag úgy látszik, hogy ezek képezik a fő veszélyt egy eljövendő űrhajó utasa számára.

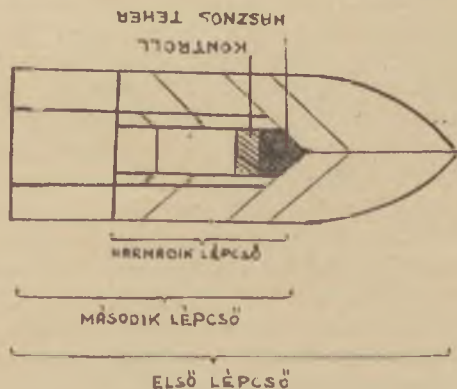
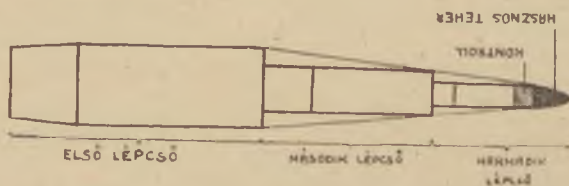
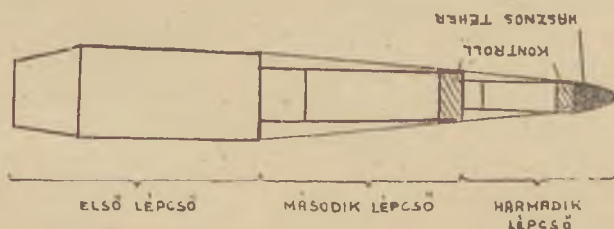
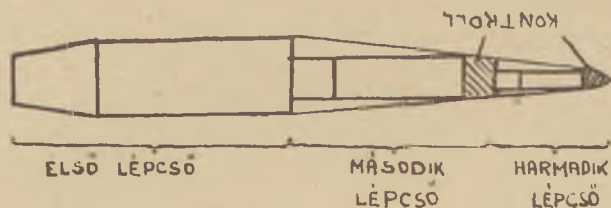
⁵ Ennek a fejezetnek az anyaga főleg Boyd: „Rocket Research in the Upper Atmosphere” (Science Progress 1954 júl.) c. cikkén, és a „Rocket Exploration of the Upper Atmosphere” (London 1954.) c. könyvön alapszik.

Első lépés: a MOUSE-terv

Azért tartottuk szükségesnek a magaslégköri rakétakutatók ilyen részletes ismertetését, mert egyrészt ezek képviselik azt a valóságos alapot, amelyre az asztronautika többé-kevésbé reális tervei épülnek, másrészt szinte félreérthetetlenül megkövetelik a következő lépés: egy kisméretű, automatikus mesterséges hold megvalósítását. Eddig ugyanis évente egy-kétszer és csak néhány percre rántottuk félre az atmoszféra függönyét, mely a kutatásokat sok szempontból akadályozza (elsősorban az ultrarövid sugárzások terén), ezért a nyert különálló adatok éppen szórványosságuk miatt az egyes jelenségek *változásáról* semmiféle érdemlegeset nem mondhattak. Tudjuk pedig, hogy sokszor ez a legfontosabb, mert például a Nap ultraibolya és korpuszkuláris sugárzása, valamint a légköri jelenségek között fennálló kétségtelen összefüggések teljes tisztázása csak akkor lesz lehetséges, amikor már mindegyikről hosszabb észlelési sorozat áll rendelkezésünkre.

Ehhez azonban olyan berendezés szükséges, mely órákig vagy napokig képes többszáz kilométer magasságban maradni, közben megfigyeléseket végez, és azokat automatikusan továbbítja a Földre. Nyilvánvaló, hogy egy műszerekkel felszerelt mesterséges hold tökéletesen megfelel ennek a célnak, ha 7,9 km/sec-nál nagyobb sebességgel a kívánt magasságban vízszintesen elindítjuk. Ez a már ismertetett háromlépcsős rakéta segítségével elméletileg végrehajtható, lehetséges. Mégis szükségesnek tartjuk figyelmeztetni az olvasót, hogy itt lépünk át a jelenből a jövőbe, mert pillanatnyilag — tudomásunk szerint — háromlépcsős rakéta még nincs. A most következő szerény tervek azonban kétségtelenül a közeljövőre vonatkoznak, megvalósíthatóságukban kételkedni nincs okunk.

A nyugati tudományos körök legrealisabb javaslata ezen a téren az úgynevezett MOUSE („Minium Orbital Unmanned Satellite, Earth”) terv, melyet Gatland, Kunesch és Dixon fiatal angol tudósok és Singer amerikai fizikus 1950 óta számos cikkben fejtett ki. Elképzelésük lényege a fokozatosság; három előzetes kísérlet után jutnánk csak el ahhoz a mesterséges holdhoz, mellyel a türelmetlenebbek kezdeni szeretnék. Az eredeti terv szerint először fellőnek egy 16 800, 2880, illetve 210 kg súlyú részekből összeszerelt háromlépcsős rakétát, melynek utolsó, néhány kilogrammos darabkája olyan irányú és nagyságú lökést kap, hogy körpályán kezd keringeni a Föld körül („A” modell). Ezt az új kis „égítet” — vagy a hozzácsatolt léggömböt —



A „MOUSE“ tervben szereplő rakéták szerkezeti vázlatai.

Felül: A modell. Hossza: 15,6 m

Alatta: B modell. Hossza: 20,5 m

Utána: C modell. Hossza: 24,0 m

Alul: D modell. Hossza: 12,5 m

visszaverő anyaggal vonják be, és innen lentről figyelik meg, hogy mennyi idő múlva tér le kezdeti pályájáról. Ha a kísérlet sikerült, a következő rakéta már 100 kg hasznos teherrel indul útnak („B” modell), ezért kezdeti összsúlya 62,4 tonnára nő. Újabban Amerikában bejelentették, hogy ezt a tervet a következő, módosított alakban fogják három éven belül megvalósítani: az első, műszerekkel is felszerelt MOUSE 30 cm átmérőjű gömb (esetleg henger) lenne, melyet egyik tengelye körül forgásba hoznak, hogy a haladási irányt tartani tudja. Súlya mindössze 20 vagy 50 kg, és 300 km magasságban 90 perc alatt kerülne meg a Földet. Körülbelül 7—10 napig vándorolna az égen, mint 6—8 magnitúdójú, lassúmozgású „hullócsillag”, míg végül a levegő ellenállása lefékezi, és a kis égitest látványos tűzgolyóként szétrobban. Ez a mesterséges hold lényegében ugyanazokkal az eszközökkel, ugyanazokat a megfigyeléseket végezné, mint ma a magaslégköri rakéták, de folyamatosan, sokkal hosszabb ideig. Szedov akadémikus nyilatkozata szerint a Szovjetunióban is hasonló terven dolgoznak, és a most ismertettnél nagyobb méretű önműködő kozmikus laboratóriumot szintén két éven belül kívánják útnak indítani.

Még ez sem elég azonban, mert ahhoz, hogy megfigyelő állomásunk állandóan (vagy legalább sokáig) a kijelölt pályán maradjon, automatikus kontroll berendezésre van szükség, amely a csekély légellenállás, a Nap és a Hold vonzása, a Föld lapultsága stb. következtében létrejövő „kisiklásokat” azonnal helyesbíteni képes. Ez újabb 75 kg teher, ezért harmadik rakétánk súlya elinduláskor már 91 tonna („C” modell). Hasznos lenne, ha a rakéta három fokozatát egymásban lehetne elhelyezni („D” modell). Ily módon lényegesen rövidebb, tehát könnyebben irányítható közlekedési eszközt kapnánk, mely nem 24, hanem csak 12,5 m hosszú. (Itt említjük meg, hogy Crocco olasz tudós olyan összetett rakétát tervezett, melynél az egyes fokozatokat egymással párhuzamosan kell összecsatolni. Ez megbízhatóbbá, stabilabbá, de ugyanakkor bonyolultabbá teszi a szerkezetet.)

A „C” vagy „D” modell megvalósulása esetén tulajdonképpen megszületett az első állandó megfigyelő állomás a légkörön kívül. Munkaprogrammjában szerepelne a Nap teljes szinképeknek, az interplanetáris gázok és meteor-porfelhők sűrűségének, és a kozmikus sugárzás összetételének vizsgálata, — különösen azért, hogy a további lépésekhez szükséges ismereteket megszerezzük. Az elsődleges kozmikus sugarakat Földünk mágneses tere eltéríti, ezért vizsgálatukhoz legcélszerűbb, ha a MOUSE

egy mágneses meridián mentén halad, és méri, hogy a sugárzás intenzitása hogyan függ a szélességtől. Az X sugarak mérése például 2,5 kg-nál nem nehezebb Geiger-számlálócsövekkel történne. Az eszközöket termoelemmel, esetleg közvetlen napenergiával, később atomenergiával lehetne táplálni. Újabban Amerikában kidolgoztak néhány más „minimális mesterséges hold” tervet is, melyeknél a rakéta kisebb, és egy hatalmas magaslégtéri léggömből indulna útnak, mintegy 15 kg hasznos teherrel.

Hangsúlyozni szeretném a MOUSE terv néhány komoly előnyét a sokat népszerűsített „űrállomás” elképzelésekkel szemben. Mindenekelőtt megvalósítható, talán már a közeljövőben. Továbbá fokozatossága miatt kevesebb kockázattal jár, hiszen az „A” és „B” típus kisebb teljesítő képességű mesterséges holdjai kitapasztalják, hogy milyen váratlan nehézségekkel kell még megküzdenünk. Végül kizárólag tudományos célokat szolgál, amit a legtöbb űrállomás tervről — mint később látni fogjuk — egyáltalán nem lehet elmondani. Érdeemes befejezésül néhány mondatot szó szerint idézni Singer professzor 1954-ben megjelent cikkéből: „Ezek, gondolom, óvatos és józan érvek a MOUSE használhatósága és szükségessége mellett. Erősen érzem, hogy valakinek fel kell szólalnia ezen a területen az óvatosság érdekében, mert a túlságos optimizmus, és mindenek előtt egy nagy mesterséges hold túlzott követelése csökkentő hatással lehet egy ilyen terv megvalósítására... Csak ezen az úton tudjuk felhasználni azokat a lehetőségeket, melyeket a következő néhány év nyújthat. Ha terveinket egy ilyen minimális mesterséges hold, a MOUSE számára készítjük, akkor hamarabb indíthatjuk útnak, mint azt most bárki lehetségesnek tartja.”⁶

Második lépés: mesterséges hold

Nyilvánvaló, hogy valamilyen MOUSE terv megvalósulása az igazi asztronautika kezdetét, és nem végét jelenti. Az is nyilvánvaló azonban, hogy a következő fokozat — egy megfigyelő személyekkel és műszerekkel felszerelt űrállomás építése a légkörön kívül — jóval később, csak az előkészítő kísérletek teljes sikere esetén lesz „napi feladat”. Mégis az utóbbi években erről a második lépésről lényegesen többet olvashattunk világszerte, mint az elsőről — például a nyugati rádióadások, újsá-

⁶ Singer: „A minimum orbital instrumented satellite — now” JBIS 1954. II.

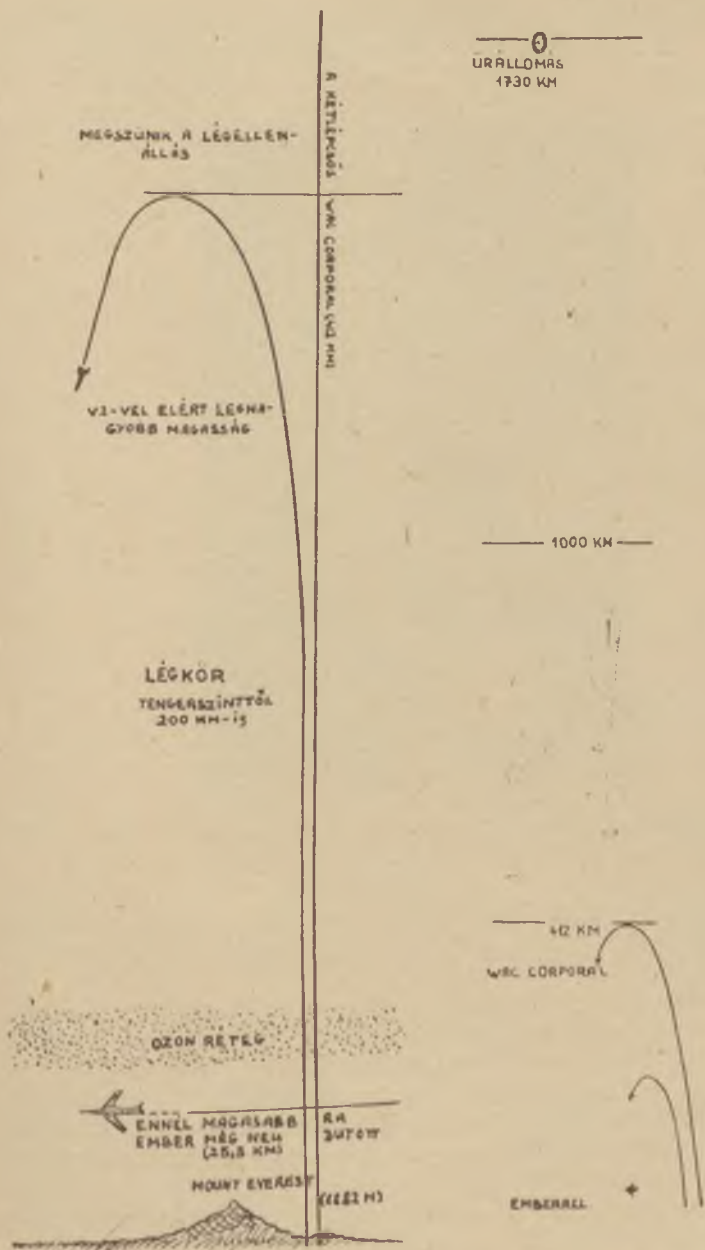
gok és könyvek rengeteget foglalkoztak dr. Braun mesterséges holdtervének propagálásával. Ennek a „mesterséges hold divat”-nak igazi okaira később visszatérünk még, most nézzük a terv technikai és tudományos vonatkozásait.

Maga a gondolat nem új — Ciolkovszkijnál is találkoztunk — deni le a Föld vonzóerejét. A tulajdonképpeni űrhajózáshoz tehát először egy üzemanyagpótló állomásra van szükség a légkörön kívül, innen indulhatnánk tovább a Hold és a bolygók felé. Az űrállomás — Braun terve szerint — 1730 km magasságban, 8 km/sec sebességgel mozog a Föld körül, egy teljes keringés ideje két óra. Alakja 80 m átmérőjű kocsikerékhez hasonlít, szerkezetét „előregyártott”, és hatalmas háromlépcsős rakétákkal feljuttatott részekből fenn a magasban állítanák össze. Természetesen az összeszerelést is hasonló módon fellőtt emberek végeznék a légkör felső határán, kihasználva a súlytalanság előnyeit. Egy-egy ember feljuttatása mintegy 2250 kg hajtóanyagot kíván, feltéve, hogy sikerül megvalósítani a 30—50 körüli tömegarányt. Egy szállítórakéta hossza 70 m, súlya 7000 tonna lenne, 36 tonna hasznos anyagot vihetne magával. Első fokozata 84 másodperc repülés után 40 km magasságban, 8400 km/óra sebességgel halad, ekkor kezd működni a második, majd 124 másodperccel később a harmadik lépcső, amíg a rakéta a szükséges magasságot és sebességet eléri.

Az űrállomás fő feladata mindenesetre az űrhajók összeszerelése és útnak indítása volna, de tudományos és katonai jelentőségéről is sok szó esik mostanában.

Whipple amerikai csillagász véleménye szerint megvalósítása olyan forradalmi változást idézne elő a csillagászatban, mint a távcső felfedezése.⁷ Noha ezt a kijelentést erősen túlzottnak tartjuk, mégis vegyük sorra az új feladatokat és várható eredményeket. Köztudomású, hogy légkörünk erősen gátolja a megfigyeléseket, és megakadályozza a távcsövek teljesítőképességének teljes kihasználását (nem is beszélve a felhőkről, ködről és a csillagász egyéb, kiszámíthatatlan ellenségeiről). Ezért az űrállomás kisebb távcsöveivel is sok új részlet fedezhetnek fel a Holdon és a bolygókon, tisztázhatják a Mars és Vénusz légkörének összetételét stb. A Nap és a csillagok a teljes elektromágneses színpompában észlelhetők, akár 1Å-től a 20 000 km-es hullámhosszig, hiszen óriás rádiótávcsövek létesítése a mesterséges

⁷ Whipple: „The Heavens Open” (Across the Space Frontier 132. o.)



5. ábra. Szemléltető rajzok az eddig elért magasságrekordokról. A második ábra feltünteti a Braun féle úraltomás helyzetét is, alul az első ábra arányosan kicsinyített képe látható.
 („Across the Space Frontier” 4. o.)

holdon nem ütközik különösebb nehézségbe. Nagyon fontos lesz a flare-k, flokkukuszok és a napkorona alapos vizsgálata az ultraibolya, X és korpuszkuális sugárzás szempontjából. A rá-



6. ábra. Rakétával készült fénykép 160 km magasságból. Már tisztán látható a Föld gömbalakja. (JBIS. vol. 13 No 5 270. o.)

diófadingek és a transzkontinentális összeköttetést zavaró mágneses viharok nagy része ugyanis ezekre a jelenségekre vezethető vissza.

Az asztrofizikai feladatok kevésbé jelentékenyek; Whipple szerint a távoli szupernóvák vizsgálata a nehéz elemek eredetének kérdését tisztázhatja, továbbá a teljes szinkép segítségével végre sikerülni fog a csillagok és az intersztelláris anyag pontos kémiai összetételének meghatározása (fontos elemek összes színképvonala az ultraibolyába vagy infravörösbe esik). Kétségtelenül érdekes eredményekre vezet majd, ha elkészülnek a Tejút első fényképei az eddig hozzáférhetetlen színképtartományokban is, mégis mindez a Naprendszer megismerésében várható

ugrásszerű fejlődéshez képest alárendelt szerepet játszik, és a csillagok világának kutatása még igen hosszú ideig a földi obszervatóriumok feladata lesz.

Természetesen hiba lenne, ha kizárólag a csillagászról beszélnénk. Várható, hogy az űrállomás egyszer majd teljesen forradalmasítja a távprognózis (és általában az „időjárás”) elméletét és gyakorlatát. Naponta néhány felvétel a felhők helyzetéről bolygónk légkörében, gyors és megbízható adatok a hőmérsékleteloszlásról, szelekről stb. az egész atmoszférában, és a pillanatnyi naptevékenység pontos ismerete — mindez az űrállomás jövődő meteorológusának kezében csalhatatlan eszköz lesz a „várható időjárás” megjóslásához. Különösen jelentősnek ígérkezik a felhők fényvisszaverő képességének („albedójának”) vizsgálata, mert ez esetleg a lassú éghajlatváltozásokkal függ össze. Mindennapi életünk számára nem ennyire fontos, de a fizikust annál jobban csábítja majd a tökéletes vákuumlaboratórium létrehozásának lehetősége. Számos, ma teljesen végrehajthatatlan kísérlet, melyhez abszolút nulla fok körüli hőmérséklet, légüres tér, vagy gravitációmentesség kell — minden különösebb nehézség nélkül megvalósítható az űrállomás segítségével.

Ehhez kapcsolódik Spencer Jones egy észrevétele, mely szerint a mesterséges hold belsejében okvetlenül szükséges normális légköri nyomást létrehozni — nem is lesz könnyű feladat! Mint-hogy kívül gyakorlatilag nincs levegő, a tökéletes légmentes szigetelés ugyanolyan gondot fog okozni a technikusoknak, mint ma a vákuumcsöveknél, sőt itt még hozzá elég tekintélyes méretű építményről lesz szó. A távcsöveket és egyéb műszereket természetesen az űrállomáson kívül helyeznék el, úgyhogy az automatikus irányítás és kezelés újabb problémáival találkozunk.

Végül egy okvetlenül felmerülő kérdésről, melyet legalább meg kell említenie még a csillagásznak is: kibírja-e az ember a Földön kívüli újszerű körülményeket, a rakétában fellépő nagy gyorsulásokat, később a teljes súlytalanságot stb.? Kísérletek bizonyítják, hogy különleges ágyakon, fekvő helyzetben az átlagos ember is képes ötszörös gyorsulást elviselni, és néhány másodpercig tartó súlytalanság sem okoz komoly zavart. Rakétákkal fellőtt kísérleti egerekkel is tanulmányozták már — rövid ideig — a súlytalanság és a különböző sugárzások élettani hatásait. (Elképzelhető különben, hogy az űrállomást tengelye körül forgásba hozva, a nehézségi erőt ily módon pótolni lehet a benn tartózkodók számára.) Ezek a kutatások azonban még a kezdet kezdetén tartanak, és végeredményben az orvosok még nem tudnak határozott választ adni erre a fontos kérdésre. Minden-

esetre az űrhajózás sohasem lesz kéjutazás — még ha a váratlan nehézségekre nem gondolunk akkor sem.

De a kimondottan fiziológiai problémáktól eltekintve, van két fontos veszély, melynek nagyságáról a fizikusnak és csillagásznak kell minél hamarabb pontos adatokkal szolgálnia, még mielőtt az első ember megkísérli elhagyni a Földet. A következőkben ezért arra a kérdésre szeretnénk megnyugtató választ adni, hogy légkörünk határán mennyiben jelentenek életveszélyt a meteorok és kozmikus sugarak.

Meteorok és kozmikus sugárzás

Az, hogy ártatlan hullócsillagok az egész űrállomás terv létét veszélyeztetik — elég meglepően hangzik. Pedig egy szabad szemmel alig látható meteodarab, melynek súlya néhány ezredgramm csupán, képes átütni fél centiméter vastag duralumínium páncélzatot, és az ily módon keletkezett parányi lyukon pillanatok alatt elillan az űrállomás (vagy űrhajó) belsejébe zárt levegő. A veszély előre jelzése emellett igen nehéz, csaknem lehetetlen. Nagyon vastag védőpáncél biztonságot nyújt ugyan, de felszállítása rendkívül drága és körülményes.

Fontos lenne tehát meghatározni a világűrben kószáló, különböző méretű meteorokkal való találkozás valószínűségét, vagyis, hogy évente átlag hány összeütközéssel kell számolnunk. Ehhez a meteorok tömeg és sebesség szerinti megoszlásának ismeretére lenne szükség, jelenleg azonban csak a szabad szemmel és radarral észlelhető hullócsillagok fényességoszlásában talált szabályra támaszkodhatunk. Kimutatták ugyanis, hogy minden magnitúdó fényességcsökkenéssel a meteorok száma átlag két és félszeresére nő. Ezt a törvényszerűséget igazolni csak $5-7^m$ -ig lehet, de feltételezték, hogy érvényes tovább is, egész 30^m -ig. A még halványabb meteorokkal biztos nem kell számolnunk, mert a sugárnyomás régen kisöpörte őket a Naprendszerből. Ez az extrapoláció azonban elég bizonytalan, és további bajt okoz, hogy nem ismerjük az adott hullócsillagfényességhez tartozó pontos meteortömeget. Őpik elmélete szerint, amikor egy meteor lefékeződik a légkörben, kinetikus energiájának csak 1%-ából lesz látható fény, a többi a környező légkört ionizálja és melegíti fel. Többen javasolták már, hogy ennek kísérleti igazolására dobjanak ki „mesterséges meteorokat” a magaslégtéri rakétákból, azonban a túlságosan kis sebességek miatt a felvillanást nem lehet a Földről észlelni. Más rakéta-kísérletek viszont igen kis,

ügynevezett „mikrometeorok” létezését mutatták ki. Néhány finoman polírozott fémllemezen a felszállás során mikroszkópikus üregek képződtek — kétségtelenül meteorpor hatására; sőt 1949-ben egy felszállás során érzékeny mikrofónokkal külön-külön észlelték a mikrometeorok becsapódásának hangját.

Grimminger mindezek alapján kiszámította, hogy egy 100 m² felületű űrállomás milyen időközönként találkozik adott tömegű meteorokkal.⁸ Eredményeit Ovenden több szempontból helyesbítette, így tekintetbe vette a lényegesen keményebb vasmeteorok és a meteorzaporok létezését is. Megállapították, hogy rövid, bolygóközi utaknál a meteorveszély jelentéktelen, viszont egy állandó űrállomást legalább 1 mm-es acélpáncéllal kell burkolni ahhoz, hogy néhány évre biztonságot nyújtson. Whipple javasolta, hogy ezenkívül vékony „ütköző lapokat” rögzítsenek a buroktól 2—3 cm távolságban, melyek az érkező meteorok közül a kisebbeket teljesen lefékezik. Ily módon az ütközések közt általában már száz év telne el, ami megnyugtató eredmény.

A fantasztikus regényekben és népszerű cikkekben ritkán olvashatunk meteorok és űrhajók találkozásáról — noha hullócsillagot mindenki látott már. Kozmikus sugarakról pedig nem is álmodhatott az író, aki ötven évvel ezelőtt képzelt el egy utazást a Holdba, jóllehet ma már erre is gondolni kell. Magaslégköri kutató léggömbökkel kimutatták, hogy 20—30 km magasságban a másodpercenkénti ionizált részecskék száma kétszázszor annyi, mint itt lenn a Földön. A rövidhullámú és korpuszkuláris sugarak ionizáló hatása, melyet „r” (röntgen) egységben mérünk, természetesen az élő szövetre is veszélyes, mert közvetlenül szétrombolja, vagy osztódáskor pusztítja el a sejteket. A sugárzásveszélyt szükség esetén pontosan meg lehet állapítani; hetenként fél „r” besugárzás az, melyet a normális szervezet még elviselni képes. Ki kellene számítani tehát, hogy a légkörön kívüli, úgynevezett elsődleges kozmikus sugárzás hány „r”-t képvisel, hogy idejében védekezni tudjunk ellene. Ezért volt a kozmikus sugárzás mérése a magaslégköri kutatások egyik fő feladata.

Rakéta felszállások segítségével állapították meg, hogy 30 km felett újra csökken a sugárzás intenzitása, és 55—160 km között már alig változik. Ebből arra következtethetünk, hogy az a csekély tömegű, ritka levegőréteg, mely ebben a magasságban mindössze 2—3 gr/cm² nyomást létesít — nem jelent semmilyen akadályt; itt tehát már csak az elsődleges kozmikus sugarakat

⁸ Ovenden: „Meteor Hazards to Space-Stations” (JBIS. 1951 nov.)

észleljük. A 30 km magasságban tapasztalt intenzitás-maximumot a levegőmolekulákkal való ütközésekkor keletkező másodlagos részecskék záporai okozzák.

Fontos probléma még, hogy milyen természetűek ezek az elsődleges sugarak. Kiderült, hogy intenzitásuk a mágneses pólusok közelében a legnagyobb, vagyis Földünk mágneses tere a kozmikus sugarakat el tudja téríteni. Ezek szerint legnagyobb részük nem elektromágneses hullám, hanem elektromosan töltött részecske, elsősorban proton, Wilson-kamrás mérések segítségével újabban kimutatták, hogy a kozmikus sugarakban csaknem valamennyi, a vasnál könnyebb elem atommagja megtalálható. Az érkező atommagok közül mintegy 15% a héliumhoz és 1% nehéz elemekhez tartozik. Tudjuk, hogy a sugárzás biológiai hatása erősen függ a rendszámtól, ezért egy vas-atommag például harmincszor veszélyesebb egy protonnál. Az ütközésekkor keletkező másodlagos záporok miatt már 25 km magasságban ugyanakkora a veszély, mint túl a légkörön. De közel a Földhöz még jól érvényesül a mágneses tér eltérítő hatása, ezért kiderült, hogy ugyanakkor, amikor a mágneses pólusnál a sugárzás erőssége már közel van az elviselhetőhöz, az egyenlítő körül még semmi veszély nincs. A 41-dik mágneses szélességi körön például hetente 0,2 „r”-t mértek, vagyis a megengedhetőnél kevesebbet.⁹

Kinn a világűrben, úgy látszik, egyenletes kozmikus sugárzással kell számolnunk, mely ellen ajánlatos védekezni, ha az űrhajó hosszabb útra indul. Vékony páncél azonban ebből a szempontból csak káros, mert nem csökkenti, hanem fokozza a veszélyt! A becsapódó részecskék ugyanis másodlagos záporokat indítanak meg, az intenzitás növekszik. Védelmül legalább 1 m vastag vízrétegre lenn szükség, ami tetemesen növelni fogja az űrhajó amúgy sem csekély költségeit. Az eredmények pontossága itt sem megnyugtató, ezért — a meteorveszélyhez hasonlóan — várjunk a végső következtetésekkel mindaddig, amíg több adat áll majd rendelkezésünkre. Kozmikus sugarak és meteorok — ez lesz az első, automatikus mesterséges hold vizsgálatainak fő tárgya. Harmadik veszélyként a Nap erős ultraibolya sugárzását szokták emlegetni, ez azonban árnyékolással könnyen elkerülhető.

Ezek szerint eddig nem találtak olyan fizikai természetű körülményt, mely képes lenne végleg megakadályozni az embert Földünk elhagyásában. Elvileg lehetséges tehát eljutni a Holdba

⁹ Shepherd: „The possibility of cosmic-ray hazards in high altitude and space flight.” (JBIS. 1953 szept.)

és a bolygókra, ami végeredményben az asztronautikai kutatások igazi célja. Az erre vonatkozó tervekről szól a következő fejezet.

Harmadik lépés: a bolygóközi utazás

Senki sem tagadhatja, hogy mennél távolabbi programokról van szó, annál több a tudományos mezbe öltöztetett, fantasztikus „terv”, melyekkel többnyire csak a szenzáció kedvéért foglalkoznak az újságok. Tipikus példák erre dr. Braun cikkei — hatásuk sokszor nálunk is észrevehető — melyek egy Hold-, illetve Mars-expedíció német alapossággal kidolgozott, részletes leírását adják. A Hold-tervről jellemzésül elég annyi, hogy egy angol lap szerint „nem az első, hanem a 21-ik űrhajó lesz — ha egyáltalán megvalósul”. A Mars-utazás pontos „menetrendje” pedig, melyet Braun nyomán számos folyóirat közöl, úgy látszik még nagyobb hatással volt az emberek képzeletére: hosszú „tudományos” cikkek jelennek meg a marslakókkal való jelbeszéd „időszerű” problémájáról, a „Japán News” összeállítja egy jövődő űrhajó utasainak listáját stb., stb. „Az olvasóközönség lehetségesnek fogadja el a legvalószínűtlenebb bolygóközi terveket is, ha azok a rakéta- vagy csillagász világ ismert neveire támaszkodnak” — írja a Brit Interparlamentáris Társaság lapja.¹⁰ Másrészt a „The Observatory” szerint „ezek a túlzások elkerülhetetlenül elidegenítik a komoly gondolkozású csillagászokat e témakörtől”¹¹ — noha a bolygóközi utazás fő problémája, az űrhajó irányítása (navigáció) nehéz, égimechanikai feladat, melyhez gyors és pontos elektronikus számolóberendezések mellett elsősorban csillagászok kellene. J. G. Porter kiszámította, hogy a rakéta indulási sebességét másfél méter/másodperc, az indulási irányt ívmásodperc pontossággal kell megadni ahhoz, hogy egyáltalán remény legyen arra, hogy az űrhajó elérje a kitűzött célt. De a legkisebb hiba, a legjelentéktelenebb irányváltozás útközben, megghiúsíthatja a találkozást.

A mesterséges holdtól a valódi Holdig mintegy ezer tonna szerkezeti és hajtóanyag szükséges. Ez is csak az irányításhoz kell, hiszen az űrhajó most már a Naprendszer új bolygójaként, külön erőfeszítés nélkül halad ellipszis alakú pályáján a közegellenállás nélküli, „üres” térben. Ez utazási idő oda-vissza az egyes bolygóknál a következőképpen alakul: Merkúr 0,76 év, Vénusz 2 év,

¹⁰ JBIS 1954 máj.

¹¹ The Observatory 1952 ápr.

Mars 2,66 év, Jupiter 6 év, Szaturnusz 13 év, Uránusz 33 év, Neptunusz 62 év, Plutó 92 év. Mindenütt a legmegfelelőbb sebességet vettük számításba. Ez a Vénusznál 15 km/mp, de már a Merkúr vagy a Plutó esetében ennek kétszerese.

A Nemzetközi Asztronautikai Szövetség 1951-es nyilatkozata szerint várható, hogy a következő 100 évben megvalósulnak az alábbi tervek:

1. Próbarepülés pilótával sok ezer kilométerre a térben.
2. A Hold körülrepülése, először távirányított, majd pilótavezetéses gépekkel.
3. Ugyanez kiszállással a Holdon.
4. Utazás a szomszédos bolygókra.

Noha elmondható, hogy Holdunkat elég jól ismerjük, mégis már az első Hold-expedícióktól várhatunk tudományos eredményeket. Így elsősorban meg fogjuk látni a Hold túlsó oldalát, a visszaérkezett kutatók többek közt beszámolnak majd a felszint alkotó anyag fizikai állapotáról, a kőzetek összetételéről, és szeizmikus kísérletek után a Hold belső szerkezetéről is. Egy új szovjet javaslat szerint az első, ember nélküli automatikus Hold-rakéta egy távirányítható tankot vinne magával, mely rádió és televízió összeköttetésben állna a földi állomásokkal. Igazán korszakalkotó jelentőségű csak az első Mars-expedíció lesz, azonban ettől még messze vagyunk. Addig számtalan technikai és tudományos problémát kell megoldani, köztük az üzemanyagszállítás, a távirányítás és tájékozódás, az űrhajó védelmének és hűtésének kérdéseit (légkörbe érkezve ugyanis a rakéta külső burkolata okvetlenül izzásba jön) stb.

Egy fontos kérdést eddig — szándékosan — nem érintettünk. Mennyiben módosítja az eddig elmondottakat az atomenergia felhasználása, és az „atomkorszak” küszöbén miért foglalkoztunk eddig kizárólag kémiai robbanóanyagokkal? Ennek oka nem az, mintha lebecsülnénk az atomenergia jelentőségét, hanem az, hogy atommagreakciókor óriási hő szabadul ugyan fel, de ezzel közvetlenül rakétát hajtani nem lehet, vagyis a kidobandó gáz-tömeggel továbbra is meg kell az űrhajót terhelni. Ilyen egyszerűen tehát nem segíthetünk a nehézségeken, viszont van néhány igen megfontolandó javaslat az atomenergia közvetett hasznosítására a bolygóközi űrhajóknál. Itt — túl a Föld gravitációs terén — nem kell percek alatt nagy gyorsulásokat létrehozni, viszont az üzemanyagtakarékosság életbevágóan fontos, ezért megfelel egy olyan szerkezet is, mely kistömegű anyagot

dob ki ugyan, de nagy sebességgel. Pontosan erre képes az ún. ionrakéta, az atomenergiával hajtott bolygóközi űrhajó.

Belsejében először egy uránium- vagy plutóniumelem hőenergiája gőzzé változtatja a „kazánt” hűtő nehévizet. A gőz turbinákat hajt, a turbinák néhány egyenáramú generátort, a keletkezett elektromos energia pedig százezer voltos feszültséget hoz létre két 1 mm távolságban elhelyezett felület között. Ez a két lap gyorsítja végül mintegy ezer kilométer másodpercenkénti sebességre a hajtóanyagként használt nitrogénionokat. Ily módon egy száztonnás űrhajó 10 tonna nitrogén kidobásával eljuthatna mesterséges holdunkról a Mars valamelyik holdjára, ehhez elég, ha egy évre 2 kg urániumot visz magával. Nem megoldhatatlan az atommagreakciók keletkező rádióaktív sugarak elleni védekezés sem. Elképzelhető, hogy a távirányított rakéta mintegy száz kilométer hosszú kötelekkel húzza maga után az „utasfülkét”. Minthogy légellenállással nem kell számolnunk, az űrhajó alakja teljesen tetszőleges.

Az ionrakéta ma szellemes terv csupán. Segítségével mintegy ezer év alatt jutnánk el a legközelebbi csillagokig. Az ilyen csodálatos utazások helyett azonban térjünk vissza a Földre, és foglalkozunk röviden néhány nem kevésbé fantasztikus, de sokkal veszedelmesebb elképzeléssel.

Mégegyszer az űrállomásról

Kötelességemnek tartom a mesterséges hold feladatairól szóló fejezet kiegészítését a következő idézettel: „Az űrállomás, mint katonai támaszpont, hosszútávú lövedékek rádiótávirányítására, felderítésre, sőt rakéta-bombák elhajítására is használható.”¹² Erről nálunk eddig kevés szó esett, pedig a kapitalista sajtó hirtelen asztronautikai cikközöne és a számtalan könyv, kiállítás és ankét mögött világosan és félreérthetetlenül ott kísért egy új amerikai „csodafegyver”, az atombombákkal felfegyverzett űrállomás képe.

Nemrég fantasztikus ábrákkal illusztrált népszerű könyv jelent meg Angliában az űrhajózás összes kérdéseiről. Ennek bevezetőjéből idézünk: „... ez a könyv egyben sürgős figyelmeztetés az Egyesült Államok felé, hogy azonnal kezdjen nagyszabású fejlesztési programba az Nyugat „tér-biztonságának” biztosítása érdekében, mert egy űrállomásra alapozott könyörtelen

¹² Sky and Telescope 1952 febr.

hatalom ténylegesen képes leigázni a világ népeit. Második holdként száguldva megszabott pályán a Föld körül, ez az emberkészítette égi sziget támaszpontként használható, ahonnan irányított lövedékek indíthatók el. Radarral ellenőrzött és atomfegyverrel felszerelt rakéták küldhetők pusztító pontossággal a Föld felszínének bármely célpontjára, és óriási sebességük és viszonylag kis méreteik miatt szinte lehetetlen feltartóztatni az ilyen lövedékeket. Más szóval: aki először épít űrállomást, az képes megakadályozni bármely más nemzetet abban, hogy ezt megtegye.”¹³ Amerikában vannak, akik ezt így fogalmazzák meg: „... az a nemzet, mely elsőnek épít űrállomást, teljes ellenőrzést nyer a Föld fölött.”¹⁴ Egy két és félméter átmérőjű távcsővel felszerelt űrállomás félméteres tárgyat képes megfigyelni a földön! Sőt „ha egy állam világuralomra tör, egy mesterséges holdat létrehozva, minden országot hamuvá tehet”. (S. F. Pryor, a Panamerican World Airways ügyvezető elnöke.)¹⁵

Lehetséges ez? Nyugaton nagyon sokan, elsősorban a nem szakemberek, hisznek ebben az új amerikai „csodafegyverben”, mert elég „tudományos” színezete van. Természetesen vannak köztük, akik erélyesen tiltakoznak az agresszív, világuralmi tervek ellen. Az angol asztronautikusokat csak az előbb említett könyv túlzott szókimondása bántja: „Amint várható volt, a cikkek technikailag pontosak, de sokan nem fognak egyetérteni azzal a nyomatékkal, melyet az űrállomás lehetséges katonai előnyeire helyez — vagy még ha el is ismerik, hogy ezek léteznek, sajnálni fogják a kapott hangsúlyt.”¹⁶ A békeszerető emberek igazi véleményét Eric Nicol cikke fejezi ki a kanadai „Winnipeg Tribune”-ban, mely válasz Braun egyik ismertetésére: „A legveszedelmesebb fajtájú furcsa bolondság azt a látszatot kelteni, mintha atombombákkal terhelt űrállomások csordája a világ felett, biztosítaná a világbékét... A dr. Braun által elképzelt fánk alakú űrállomás a világégést biztosítaná. Mint rendőrségi eszköz azt jelentené, hogy a hatalom igazságos, mert Uncle Sam az. Mindig. S mint eszköz, a béke érdekében éppen olyan hatástalan lenne, mint az atombomba monopóliuma volt az USA számára — melyből csak félelem származott, és az az eltökéltség, hogy mi is megszerezzük ugyanezt a fegyvert.”¹⁷

¹³ Across the Space Frontier (London 1952.)

¹⁴ JBIS 1954. nov.

¹⁵ The New York Times 1954 jan. 23.

¹⁶ JBIS 1952. szépt.

¹⁷ JBIS 1952 nov.

Álljunk meg egy pillanatra! Ki ez a dr. Braun, akinek terveivel már eddig is többször találkoztunk? Neve, címe, foglalkozása minden „valamire való” nyugati űrhajózási könyvben szerepel, személyét így propagálja az amerikai sajtó: „Wernher von Braun, azelőtt a Peenemunde német rakétaüzem vezetője, jelenleg a Haditüzérség Irányított Lövedék Központjának technikai igazgatója, Redstone Arsenal, Alabama, USA.”¹⁸ „Hitler titkos fegyvere, a V2... nagy részben von Braunnak köszönhető” — írja a Science Progress.¹⁹ Az „azelőtt” tehát röviden ennyit jelent: Braun gyártotta a náciaknak azokat a gyilkos V2 rakétákat, melyekkel Angliát bombázták. De nemcsak ő lett azóta az amerikai hadsereg „asztronautikai szakértője”, hanem Dornberger nácitábornok, Peenemunde volt katonai parancsnoka, dr. Krafft Ehricke, Braun asszisztense és még sokan mások. Már 1951-ben a németek újra hadi rakétákkal kísérleteztek Egyiptomban, a szakemberek egy része azóta visszatért Nyugat-Németországba.

Mindezek ismeretében érthető, hogy egyes amerikai körök világlobalmi terveikhez „von” Braunban és űrállomásában reménykednek; elképzeléseit Nyugaton sokmillió példányban terjeszti a sajtó, propagálja a rádió, film és a televízió. A válasz nem soká késett. A tudományos körök ritka egyöntetűséggel hangsúlyozzák világszerte, hogy a mesterséges hold katonai jelentőségéről alkotott elképzelések erősen túlzottak. Általános vélemény, hogy legfeljebb felderítésre és rádiójel továbbításra használható, de védelme támadó rakétákkal szemben amúgyis reménytelen, mert helyzetét nagy pontossággal ki lehet számítani. Nemrég Thomas professzor végleg kimutatta, hogy egy agresszív űrállomás könnyen elpusztítható, ha fellövünk egy rakétát, mely ugyanazon a pályán, de ellenkező irányban mozog, és felérkezés után azonnal szétrobban: a keletkezett szilánkok tovább rohannak és mesterséges meteorzáporként szitává lyukasztják az űrállomást.

Befejezésül érdemes egy szovjet cikkből idézni, mely világosan rámutat az amerikai űrállomás-tervek veszélyére: „Egy örült szörnyeteg örömeivel izlelgeti W. von Braun a gondolatot, hogy milyen kényelmes lesz az amerikai bolygóközi kalózkodó számára egy mesterséges holdon ülve atombombazáport szórni békés államokra.”²⁰ Valószínűleg a sokféle ellenérv hatására ma

¹⁸ Sky and Telescope 1955 jan.

¹⁹ Science Progress 1954. júl.

²⁰ Csepligin: „Bolygóközi álmok”. Idézi a JBIS 1953 márc. száma.

Braun és az amerikai sajtó hangja mérsékeltebb, mint három évvel ezelőtt. Nem követelik már egy mesterséges hold azonnali megvalósítását, hiszen a katonai előnyök elég megbízhatatlanok, és tisztán tudományos célokért kapitalista ország nem hoz ekkora anyagi áldozatot. Ennek ellenére hiba lenne elfeledkezni ezekről a tudományosnak álcázott agresszív tervekről — ugyanolyan hiba, mint teljesen elvetni az űrállomás-konceptiót. Legyen a mesterséges hold, ha megvalósul, valóban ugródeszka a bolygók felé — ez a tudomány és az emberiség igazi érdeke!

Mikor?

Rendkívül sok kérdés tisztázatlan még az űrhajózás terén. Vannak köztük fizikai, jogi, csillagászati, meteorológiai, politikai, fiziológiai, gazdasági, aerodinamikai és technikai problémák. Egyes jogászok pl. azon vitatkoznak, hogy meddig terjed felfelé az ország, vagyis megsérti-e az állam szuverenitását az a mesterséges hold, mely 2000 km magasságban „légiterébe” hatol. Egyházi körökben vitatják, hogy élhetnek-e felsőbbrendű szellemi lények más bolygókon is. A Pápai Tudományos Akadémia elnöke szerint nem, mert a Biblia úgy tanítja, hogy „Isten egyedül a Földet választotta ki az ember lakóhelyéül”.²¹

Az ilyen, tudományos szempontból teljesen érdektelen viták mellett sok fontos technikai problémára sem térhettünk ki, egyszerűen azért, mert a szükséges ismertetés hiányzik, vagy nem hozzáférhető. Ugyanez az oka, hogy a rakétakísérletekről szólva nem írtunk külön a francia, vagy a nagy múlttal és jelenleg is igen fejlett technikával rendelkező szovjet kutatók eredményeiről. Kétségtelen azonban, hogy a szovjet kormány „az űrhajó konstrukciónak egyre újabb és újabb változatait teszi vizsgálat tárgyává és szakavatott kézzel dolgozik a világegyetem bolygóközi útvonalainak tervén”.²²

Befejezésül néhány válasz a legizgalmasabb kérdésre: mikorra várható a tervek megvalósulása? 1955. július 29-én egy sajtókonferencián James Hagerty, Eisenhower elnök titkára bejelentette, hogy az Egyesült Államok a Nemzetközi Geofizikai Évre, vagyis 1958 decemberéig útnak indít egy kis mesterséges holdat. Ez volt az első hivatalos nyilatkozat, mely határidőt adott

²¹ Glasgow Sunday Mail 1952 szept. 14.

²² Sternfeld: A bolygóközi űrhajók útvonalai. (Tyechnyika Mologyosi 1952. 5. sz.)

egy űrhajózási terv (lényegében a MOUSE) kivitelezésére. Nem sokkal később Leonyid Szedov professzor, aki a VI. Nemzetközi Űrhajózási Kongresszuson a szovjet megfigyelők csoportját vezette (különben a szovjet asztronautikai bizottság elnöke) Koppenhágában kijelentette, hogy „a szovjet mesterséges hold-terv megvalósulása a közeljövőben várható”. Ugyanekkor hangsúlyozta, hogy együttműködés a Szovjetunió és az Egyesült Államok között e terv kérdésében „teljes mértékben lehetséges”. E két nyilatkozat és az ezeket követő cikkek alapján nyilvánvaló, hogy óriási fellendülés várható ezen a téren, hiszen most már a nagyhatalmak hivatalosan is foglalkoznak az űrhajózás kérdéseivel. Éppen ezért a régi becslések és jóslások teljesen megbízhatatlannak váltak, az ismertetett „első, második és harmadik lépés” valószínűleg hamarabb valósul meg, mint azt néhány évvel ezelőtt bárki remélni merté volna. Mégis érdemes idézni két angol tudós, Clarke és Shepherd véleményét: „A közönséget — különösen az amerikai közönséget — »túltáplálták« a bolygóközi utazásról írt cikkekkel, melyek hangsúlyozták a látványos lehetőségeket és lekicsinyelték a megoldatlan problémákat.” „Jó sok munka van még hátra a tudománynak csaknem minden elképzelhető területén, és az előkészítő alapozási munkák mennyisége is rengeteg még”²³ — teszi hozzá Shepherd.

Aki ilyen tárgyilagossággal nézi az asztronautika kezdeti eredményeit és határtalan lehetőségeit, az nem fog csalódní akkor sem, amikor az űrhajózás az elméleti és kísérletezési szakszon túllépve, gyakorlati tudomány lesz.

Almár Iván

²³ JBIS 1953 szept.

A TEJÚTRENDSEZER SZERKEZETÉNEK MEGISMERÉSE

A világmindenség megismerésének egyik igen lényeges előfeltétele, hogy az égitesteket ne környezetükből kiszakítva, a többi égitesttől elszigetelten, hanem éppen ellenkezőleg: a többi égitesttel való összefüggésükben és kölcsönös függőségükben vizsgáljuk. A megfigyelhető jelenségek megértéséhez nagymértékben hozzájárul annak tisztázása, hogy milyen rendszereket alkotnak a különféle égitestek.

Köztudomású, hogy sem a bolygóknak az égen megfigyelhető mozgását, sem a Föld helyzetét a világmindenségben nem lehetett addig megérteni, amíg Kopernikusz a XVI. században fel nem ismerte, hogy Földünk is egy bolygó és a bolygók egy olyan rendszert alkotnak, amelynek középpontja a Nap és a bolygók a Nap körül keringenek. A Napot és a körülötte keringő égitestek rendszerét Naprendszernek nevezték el. Ennek a rendszernek legfontosabb égitestjei a Nap és a körülötte keringő kilenc bolygó.

Kopernikusz idejében még nem volt csillagászati távcső és sem a Nap, sem a bolygók távolsága nem volt ismeretes. A bolygók rendszerének felfedezése azonban mégis képessé tette Kopernikuszt arra, hogy a bolygók látszólagos mozgásának beható megfigyelése alapján meg tudja állapítani az akkor ismert bolygóknak a Naptól való viszonylagos távolságát, vagyis hogy valamely bolygó hányszor olyan távolságban kering a Nap körül, mint a Föld. Kopernikusz tehát arányaiban is helyesen ismerhette már a Naprendszer felépítését. A Naprendszerre vonatkozó ezen fontos megállapításokkal született meg az újabbkori tudományos csillagászat, melynek a XVIII. század végéig az volt a fő feladata, hogy közelebbről megismerjük a Naprendszer égitestjeit.

A földi távolságokhoz viszonyítva a Naprendszer méretei is óriásiak. A Nap—Föld távolság 150 millió kilométer és a ma ismert legszélső bolygó, a Pluto negyvenszer ilyen távolságban kerüli meg a Napot. A csillagok távolságához viszonyítva mégis azt mondhatjuk, hogy a Naprendszer a mi szűkebb környeze-

tünk. A legközelebbi csillag ugyanis 270 000-szer messzebb van tőlünk, mint a Nap.

A Naprendszeren túli, távoli csillagok megismerése felé közeledés első állomását is rendszerük felismerése jelentette, hogy a csillagok egy hatalmas csillagrendszert alkotnak: a Tejútrendszert. A csillagok rendszerét nagy körvonalakban már a XVIII. század végén sikerült megismerni, amikor még egyetlen csillag távolsága és fizikai tulajdonsága sem volt ismeretes és a csillagok mozgásáról is csak néhány megfigyelési adat állott rendelkezésünkre. De már az akkor felismert összefüggések is mutatták, hogy a csillagok távoli napok és a mi Napunk sem a világ középpontja, ahogy még Kopernikusz képzelte, hanem a Tejútrendszer egyik csillaga.

Amíg azonban a viszonylag közeli, kevésszámú nagyobb égitestből álló Naprendszer szerkezetét Kopernikusznak bár évezredek tévelygései után, de mégis úgyszólván egy csapásra sikerült tisztáznia, a sokmilliárd távoli csillag alkotia Tejútrendszer bonyolult felépítését csak fokozatosan, mintegy 168 éve tartó fáradságos munkával sikerült csak főbb vonásaiban megközelíteni és igen sok probléma megoldása még a jövő feladata. Minden ismeret azonban, amelyet a Tejútrendszer szerkezetéről, a Tejútrendszer égitestjeinek egymással való összefüggéséről, kölcsönhatásáról szereztünk, lényegesen előbbre vitte a csillagokról, a csillagok mozgásáról, fejlődéséről és kialakulásáról való tudásunkat. A Tejútrendszer szerkezetére vonatkozó további kutatások pedig ma is fontos célkitűzései a modern csillagászatnak.

A továbbiakban röviden áttekintjük, hogy hogyan és mit ismertünk meg ezideig a Tejútrendszer szerkezetéről. Mielőtt a kutatás a helyes irányban elindulhatott, meg kellett küzdenie a csillagokra vonatkozó primitív elképzelésekkel.

A csillagoknak az égbolton megfigyelhető helyzetét és látványos mozgását már távoli őseink is felhasználták a térben és időben való tájékozódásra, de mind az ókorban, mind a középkorban egyes filozófusok sejtéseitől eltekintve, általánosan elterjedt volt az a felfogás, hogy a csillagok rá vannak erősítve az ég szilárd boltozatára vagy „kárpitjára”, vagy legalábbis a Földet körülvevő valamiféle övezetben „szférában” helyezkednek el. Kopernikusz is úgy gondolta még, hogy valamennyi csillag tőlünk azonos távolságra mozdulatlanul áll valami gömbfelületen, de felfogása annyiban mégis fejlődést jelentett a középkori naív szemlélettel szemben, hogy a világegyetemet igen nagynak képzelte. Kopernikusz szerint ugyanis a Földnek a Naptól való tá-

volsága észrevehetően kicsi az állócsillagok szférájának távolságához képest.

Giordano Bruno világképében már eltűnik az „állócsillagok szférája”. „A világok sokaságáról” c. művében bátran hirdeti a világmindenség végtelenségét: „... a világegyetem a végtelen étertérségből és a benne mozgó számtalan testből áll. Az ég nem valami szilárd kristályboltozat, amelyre szögek módjára vannak rátűzve a csillagok, hanem az egész éteri térség egyetlen, oszthatatlan, folyékony folytonosság, amelyben minden egyes égitest saját életénél fogva szabadon kering középpontja körül és Napja körül.”

Bruno helyesen ismerte fel a világmindenség végtelenségét, abban tévedett csupán, hogy a körülöttünk levő csillagvilág megszakítás nélkül folytatódik a végtelenségig. Bruno elképzelései filozófiai következtetéseken alapultak. A csillagok behatóbb megismerését illetően a távcső feltalálása előtt még semmilyen konkrét megfigyelésre nem támaszkodhatott a tudomány. Amikor Galilei az első kezdetleges csillagászati távcsővel megkezdte a csillagok vizsgálatát, rengeteg csillagot fedezett fel, amelyeket addig halványságuk miatt pusztán szemmel nem lehetett látni. Vizsgálatai igazolták Demokritosz ókori görög filozófus sejtését is, hogy az égbolton végighaladó fénylő ködszerű sáv: a Tejút, kis, halvány csillagok nagyszámú sokasága.

Az első távcsöves megfigyelésekből tehát mindenekelőtt az derült ki, hogy a körülöttünk levő csillagok száma sokszorta nagyobb annál, mint amennyit szabad szemmel észreveszünk. Amint egyre nagyobb átmérőjű távcsöveket készítettek, az észlelhető csillagok száma egyre szaporodott.

Költői túlzással gyakran emlegetik, hogy napnyugta után az égen kigyúlnak a csillagok milliói, vagy éppen „milliárdjai”. Ha azonban egyszer valaki fáradságot venne magának, nem is egészen egy óra leforgása alatt meg tudná számolni, hogy az égbolton egyszerre még a legkedvezőbb légköri viszonyok mellett sem láthatunk többet mintegy 3000 csillagnál. Kis, 3–4 cm átmérőjű színházi látcsővel azonban már több mint 10 000 csillagot vehetünk észre. Egy 15 cm-es kis csillagászati távcsővel pedig több százezer csillagról tudomást szerezhetünk.

A XVIII. században fejlődött odáig a műszertechnika, hogy megkezdődött az óriás távcsövek építése. 122 cm átmérőjű és 12 m hosszú hatalmas tükörteleszkópot készített William Herschel német származású angol csillagász is. Herschel már valóban túlzás nélkül beszélhetett a csillagok milliárdjairól. Herschel kutatásaival kezdődött meg a csillagok világának beha-

több tanulmányozása. Herschel korában ugyan még egyetlenegy csillag távolságát sem ismerték, mégis Herschelnek sikerült először arra a kérdésre feleletet adnia, hogy alkotnak-e valamilyen rendszert a körülöttünk levő csillagok. Herschel azt a módszert követte, hogy megszámlolta a távcső látómezejében észlelhető különböző fényességű csillagokat az égbolt különböző részein, és pedig mind a Tejútban, mind attól fokozatosan egyre távolabbi vidékeken. Mennél halványabb csillagokat számolt össze, ezek száma annál inkább növekedett, mennél jobban közeledett távcsövével a Tejúthoz. A csillagszámlálásokból kapott eredményekből megpróbálta azután a csillagok rendszerét meghatározni. Herschel az erre vonatkozó számításainál három feltevést vett alapul:

1. A csillagok valójában egyforma fényesek, halványabbnak csak azért látunk egy csillagot, mert messze van tőlünk.

2. A csillagok a térben egyenletesen oszlanak el.

3. A csillagok közötti tér üres, a csillagok fénye akadálytalanul, minden gyengítés nélkül jut el hozzánk.

Ma már tudjuk, hogy Herschel három feltevése közül egyik sem felel meg az igazságnak. Pontos eredményeket tehát nem kaphatott. Azt az igen lényeges dolgot azonban mégis meg tudta állapítani, hogy a körülöttünk levő csillagok nem terjednek a végtelenségig, hanem különálló, hatalmas rendszert alkotnak, amelynek alakja lapos koronghoz hasonlítható. A korong a Tejút síkjában kb. nyolcszor akkora kiterjedésű, mint a Tejút síkjára merőleges irányban. Herschel már tudta, hogy a mi csillagrendszerünkön kívül vannak még más csillagrendszerek is a világmindenségben. Herschel a világmindenség nagy csillagrendszerait „világszigeteknek” nevezte el. Egyik ilyen világsziget a mi csillagrendszerünk is, amelyet Tejútrendszernek, vagy tudományos néven Galaxisnak neveztek el.

Herschel ismerte fel először a mi Napunk helyzetét is a világmindenségben. Kopernikusz világképében a Föld helyett a Nap került a világmindenség középpontjába. Herschel vizsgálatai óta tudjuk, hogy a Napnak nincsen semmiféle központi szerepe, a Nap is a Tejútrendszerhez tartozik, egyike a Tejútrendszer sokmilliárd csillagának.

Az égbolt szabad szemmel való figyelmes vizsgálata is megerősíti Herschelnek a csillagrendszerünkre vonatkozó elgondolásait, sőt rájöhettünk arra is, hogy Herschelnek a csillagok egyenletes térbeli eloszlására és a csillagok közötti tér ürességére vonatkozó feltevései nem lehettek helyesek. Szabad szemmel is megállapíthatjuk, hogy a csillagok, különösen a halványabbak,

sűrűsödnek a Tejút felé, a csillagok elhelyezkedésében tehát észrevehető bizonyos szabályosság. A Tejútrendszer nagy korongjának körvonalait a Tejút rajzolja az égre, amelynek fénylő sávja természetesen a látóhatár alatt is folytatódik és fénylő gyűrűt alkot Földünk körül. Mi a Nappal együtt a csillagok alkotta nagy korong belsejében vagyunk. A hozzánk közelebbi fényesebb csillagokat minden irányban láthatjuk, a korong vastagságának irányában is. Ezek a csillagos égbolt nap mint nap szembeötlő csillagai. A kevésbé feltűnő, halványabb csillagokból



1. ábra. A Tejútrendszer alakja oldalnézetben Herschel elképzelése szerint. A szaggatott vonallal jelzett körön belül lévő csillagokat láthatjuk minden irányban

már többet látunk a korong szélességének irányában, az egészen távoli óriási számú csillagot pedig már csak a korong szélességének irányában láthatjuk, de nagy távolságuk miatt nem külön-külön, hanem együttes fényüket érzékeljük a Tejút halványan derengő sávjában.

Ha most már igaz lenne Herschelnek az a feltevése, hogy a csillagok egyenletesen oszlanak el a Tejútrendszer belsejében, a távoli nagyszámú csillagnak feltétlenül kellene mutatni ezt a szabályosságot, vagyis a Tejútnak körülbelül mindenütt egyforma fényességűnek kellene lennie. Valójában a Tejút fényessége a Nyilas csillagképben éri el maximumát, innen mindkét irányban fokozatosan csökken a szemközt levő csillagképekig. Ettől még egyenletesen oszolhatnának el a csillagok a Tejútrendszerben, mert mint a későbbiekben látni fogjuk, mi nem vagyunk a Tejútrendszer középpontjában. Nagyvárosi zavaró fényektől távolabbról azonban derült éjszakákon bárki meggyőződhetik arról, hogy a Tejút a Nyilas csillagképben tapasztalható kifényesedésétől eltekintve is egyes helyeken sokkal fényesebb, mint a mellette levő részeken, ami azt mutatja, hogy ebben az irányban nagyobb a csillagok sűrűsége. Ilyen fényes tejútfelhőket láthatunk a Hattyú, a Scutum, a Sas csillagképekben. A csillagok eloszlása tehát nem egyenletes.

A fényes felhők mellett azonban sötét vidékek is megfigyelhetők a Tejútban, ahol egyáltalában nem látunk csillagokat. Úgy látjuk, mintha a Hattyú csillagképben a Tejút két ágra szakadna, mintha valami sötét sziget lenne a Tejút fényfolyó-

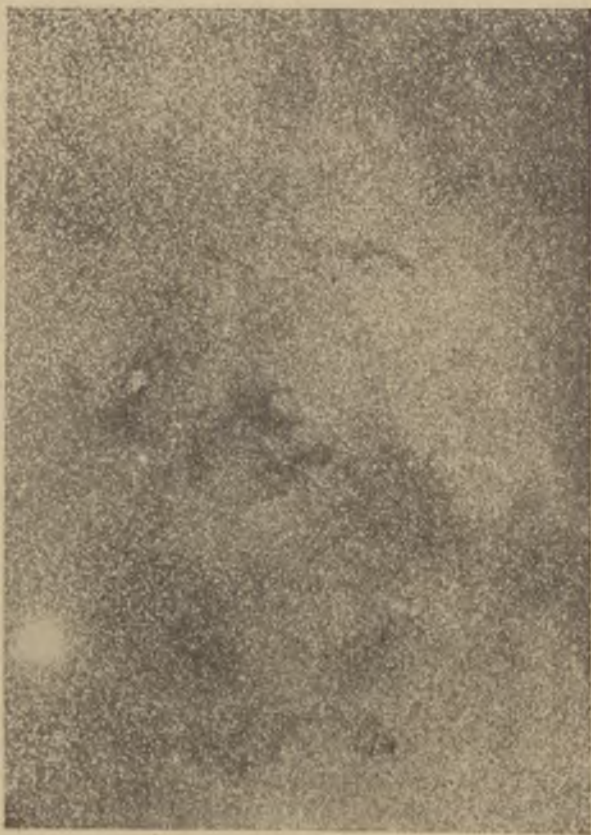
jában. Valójában a Tejút nem válik ketté, hanem sötét, fényelnyelő anyagok fedik el szemünk előtt a csillagok fényét. Az ég más területein is találunk ilyen csillagtalan sötét foltokat, amely irányban valami eltakarja előlünk a csillagokat. A csillagok közötti tér tehát nem üres.

Amikor az 1835—40-es években Sztruve orosz, Bessel német és Henderson angol csillagászoknak először sikerült meghatározni néhány csillag távolságát, megdőlt Herschel első feltevése is, hogy a csillagok valóságos fényessége egyforma. A későbbi mérések pedig kimutatták, hogy a csillagok fényességében óriási különbséget találunk. Vannak a Napnál sokezerszerette fényesebb csillagok, de ezerszer, többtizezerszer halványabbak is.

De éppen a csillagok távolságának meghatározása tette lehetővé, hogy feltevések helyett megkezdődjön a Tejútrendszer szerkezetének kikutatása. A távolságmeghatározás mellett még számos új kutatási módszernek kellett megszületnie, hogy valamilyen tervszerű munka megindulhasson. Ilyen módszerek voltak 1859—60-ban a színeképelemzés alkalmazása a csillagászatban, amely módszerrel lehetővé vált a csillagok fizikai tulajdonságainak és bizonyos mozgásának tanulmányozása, 1877-ben a fényképezés bevezetése, amely többek között lehetővé tette az égbolt fényképezéssel készített térképeinek összeállítását.

Az új módszerek és lehetőségek azonban egyben a feladat rendkívüli nehézségeit is feltárták, hogy milyen szerfölköt bonyolult probléma meghatározni a Tejútrendszert alkotó égitestek térbeli eloszlását, kikutatni a mozgásukban mutatkozó törvényszerűségeket. Hiszen a millió és millió csillagról van szó. Az adatgyűjtés csak a csillagvizsgálók nemzetközi együttműködése, tervszerű program kidolgozása és a részletmunkák felosztása útján indulhatott meg. 1906-ban Kapteyn dolgozott ki nagyszabású tervet. Kiválasztott az égbolton nagyjában egyenletesen elosztott 206 tartományt, vagyis térszöveget, melyek mindegyikének mérete kb. 4 négyzetfok volt, tehát 64 teleholdat lehetett elhelyezni egy-egy ilyen Kapteyn-féle tartományban. Kapteyn programul tűzte ki ezekben a tartományokban a bennük levő összes csillagok távolságának, mozgásának, látszólagos és valódi fényességének, színeképeének meghatározását. Ennek a nagyszabású tervnek megvalósításában részt vett és részt vesz ma is az összes világrészek valamennyi jelentősebb csillagvizsgálója. Az adatgyűjtés nagy része már elkészült és a kapott adatok alapján bonyolult statisztikai vizsgálatokkal próbálták kihámozni általános törvényszerűségeket. Ezek eredményeképpen Kapteyn

1922-ben próbálta megállapítani a Tejútrendszer felépítését. Kapteyn úgy találta, hogy a Nap van a Tejútrendszer közép-pontjában. A csillagsűrűség a Nap környezetében a legnagyobb, innen minden irányban csökken, a Tejút síkjában lassan, erre merőleges irányban gyorsabban. A lencsealakú rendszer nagyobbik átmérője kevesebb 50 000 fényévnél.



2. ábra. Fényképfelvétel a Tejút részletéről.

A Kapteyn-féle modell még csak annyiban közelítette meg a valóságot, hogy a Nap a Tejútrendszer síkjában van, a Nap helyzetére és a rendszer méreteire vonatkozó elgondolások azonban később hamisnak bizonyultak.

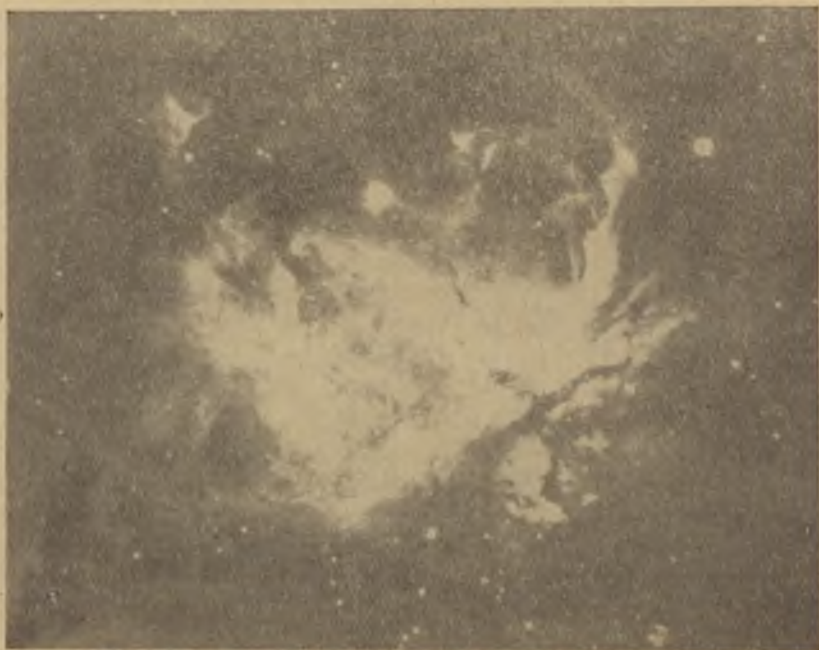
Kapteyn elképzeléseivel először Shapleynek a gömbhalmazokra vonatkozó vizsgálatai kerültek ellentmondásba. Shapley úgy találta, hogy a Tejútrendszerhez tartozó gömbalakú csillaghalmazok nem a Nap körül, hanem egy olyan középpont körül helyezkednek el, amely a Naptól mintegy 32 000 fényévre van a Nyilas csillagkép irányában. Felmerült a gyanú, hogy vajon nem a gömbhalmazok rendszerének középpontja valójában a Tejútrendszer középpontja. Hogy ez tényleg így van, arra a csillagok mozgásának tanulmányozása szolgáltatott bizonyítékokat.

1718-ban fedezte fel Halley, hogy az addig „álló”-nak gondolt csillagok is mozognak. A csillagok mozgását csak az újabbkori csillagászat rendkívül pontos műszereivel és kutatási módszereivel lehetett tanulmányozni. A csillagok ugyanis, bár nagy, átlagosan többször tíz km/sec. sebességgel mozognak, roppant távolságuk miatt elmozdulásuk a több évtizedes időközökben készített fényképfelvételeken is csupán a milliméternek ezredrészeivel mérhető. Számos obszervatórium közreműködésével mégis sikerült több mint 100 000 csillag saját mozgását és mintegy 7000 csillag látósugármenti sebességét megmérni.

1927-ben Lindblad és Oorth a csillagok mozgására vonatkozó adatok alapján arra a következtetésre jutottak, hogy a csillagok nem rendszertelenül mozognak, hanem a Tejútrendszer valamennyi csillaga kering a Tejútrendszer középpontja körül, és pedig annál nagyobb sebességgel, minél közelebb van a középponthez. A megfigyelések szerint ki is lehetett mutatni, hogy mind a Nap legközelebbi csillagszomszédai, mind a nagy abszolút fényességű, nagy távolságból észlelhető Delta Cephei változócsillagok egy olyan középpont körül keringenek, amely irányra és távolságra egyezik a gömbhalmazok rendszerének középpontjával. Mindebből nyilvánvaló lett, hogy ez valóban a Tejútrendszer középpontja, és a Nap nincsen ebben a középpontban. A mi Napunk körülbelül a Tejútrendszer középpontja és széle között a félúton található. A Napnak és vele együtt a mi Naprendszerünknek tehát ebből a szempontból sincsen semmiféle kitüntetett helyzete a Tejútrendszerben.

A további kutatások hamarosan szükségessé tették a Kapteyn-féle modell méreteinek helyesbítését is. Megdőlt ugyanis Herschelnek az a feltevése is, hogy a csillagok közötti tér üres. Bebizonyosodott, hogy a csillagok közötti teret ritkított állapotban levő gázból és apró szilárd porból álló szétszórt anyag tölti ki, amely helyenként nagykiterjedésű gáz- és porfelhőket, vagy más elnevezéssel gáz- és porködöket alkot. A csillagközi

anyag térbeli elhelyezkedésének és fizikai sajátosságainak felderítése igen jelentékeny részben Ogorodnyikov, Kukarkin, Parenago, Ambarcumján és más szovjet csillagászok érdeme. A csillagközi gáz és por nem egyenletesen tölti ki a Tejútrendszer belsajét, hanem a gáz- és porfelhők is, akárcsak a csillagok, a Tejút síkja mentén sűrűsödnek. A csillagközi anyag éppen oly szervesen hozzátartozik a Tejútrendszerhez, mint a csillagok, ami már abból is kitűnik, hogy a szétszórt anyag



3. ábra. Gázköd az Orion csillagképben.

együttes tömege összemérhető a Tejútrendszert alkotó összes csillagok tömegével. A csillagok közötti gáz és por sokoldalú tanulmányozása kozmogóniai szempontból is igen fontos, mert a csillagok a szétszórt anyag összesűrűsödéséből alakulnak ki. A Tejútrendszer szerkezetének vizsgálatánál is számolnunk kell a csillagközi anyaggal, mert bizonyos irányokban elfedi előlünk a Tejútrendszer sok részét, de más irányokban is gyengíti a csillagok fényét. Így bizonyos csillagok fényességét felhasználó távolságméréseket ennek megfelelően helyes-

bíteni kell. A csillagközi fényelnyelés figyelembevételével már pontosabban meg lehetett állapítani, hogy a Tejútrendszer a térnek közelítőleg egy lapult forgási ellipszoidos alakú részét tölti ki, amelynek féltengelyei 80 000, illetve 10 000 fényév.

Ezek a modern eljárásokkal kapott eredmények is azonban csak nagy körvonalaiiban ismertették meg velünk a Tejútrendszer felépítését. Csak a legújabb kutatások kezdték feltárni ennek a hatalmas csillagrendszernek a finomabb szerkezetét. Az ilyen irányú vizsgálatok akkor vezethetnek sikerre, ha külön tekintjük a Tejútrendszerhez tartozó különféle csillagok típusaiból álló rész-rendszereket.

Baade 1944-ben a Tejútrendszert alkotó csillagokat fizikai sajátágaik, térbeli elhelyezkedésük és mozgásuk szempontjából két csoportba sorozta. Ezeket a csoportokat Baade populációknak nevezte el. Az alábbi kis táblázat tünteti fel, hogy milyen fontosabb égitestek tartoznak a Baade-féle I. és II. populációhoz és mik a jellemző sajátágaik:

	Fontosabb égitestek	Térbeli elhelyezkedésük	Mozgásuk
I. populáció	Hosszú periodusú cefeidek, B csillagok, nyílt halmazok	A Tejút síkja felé erősen sűrűsödnek	Lassú mozgás körpályán
II. populáció	RR Lyrae csillagok, szubtörpe csillagok	A Tejút síkja felé csak gyengén sűrűsödnek	Gyors mozgás elnyúlt ellipszis alakú pályán

Kukarkin szovjet csillagász továbbfejlesztette a Baade-féle osztályozást, mert az I. és II. populációba voltaképpen csak bizonyos ritka fajtájú égitestek sorozhatók. Az átlagcsillagok mininegy átmenetet képeznek a kettő között. Kukarkin ezért a Tejútrendszeren belül háromféle alrendszert különböztetett meg. Az általa elnevezett sík alrendszerhez tartoznak az I. populáció, a gömbi vagy szférikus alrendszerbe a II. populáció csillagai, az átmeneti rendszerbe pedig az átlagcsillagok. A Tejútrendszer tehát valójában igen bonyolult felépítésű csillagrendszer, amely több egymástól eltérő térbeli eloszlást mutató, egymáson kölcsönösen keresztül hatoló, különböző lapultságú és különböző szögsebességgel keringő részrendszerből áll. Az a szokásos sematikus ábrázolás, mely a Tejútrendszert oldalnézetben olyan félének mutatja, mint egy bikonvex üveglencse metszete,

tulajdonképpen csak az átmeneti alrendszert közelíti meg. Az I. populáció csillagai ezen belül sokkal lapultabb rendszert alkotnak, míg a II. populációhoz tartozó csillagok az egész rendszert gömbalakban veszik körül.

A Tejútrendszer különféle alrendszereinek további részletes tanulmányozása mellett egyik igen fontos feladat volt annak kiderítése, hogy milyen a Tejútrendszer középpontja, amely körül a csillagok keringenek. Abból a tényből, hogy a középpont felé egyre növekedik a csillagok keringési sebessége, az égi mechanika törvényei alapján már régebben arra következtettek, hogy nagy tömegek vannak a középpontban. Sokáig nem sikerült azonban ezekről közelebbi felvilágosítást szerezni, mert ebben az irányban sötét porködök zárják el előlünk a kilátást. Néhány évvel ezelőtt három szovjet tudós, Kalinyak, Kraszovszkij és Nyikonov, majd az amerikai Mount Wilson obszervatóriumában Whitford és Stebbins mégis lefényképezték a Tejútrendszer központi részét. Erre a fizikából ismert az a tény adott módot, hogy amíg a köd- és portömegek elnyelik a látható fény sugarait, a szemünkkel nem érzékelhető vörösöntúli sugarak útjába azonban nem gördítenek akadályt. Különleges berendezéssel, a vörösöntúli fényre érzékeny fényképlemezeken lehetségessé vált így a középponti rész lefényképezése. Ki lehetett így mutatni, hogy a Tejútrendszer középpontjában nem egy, valamilyen különösen nagy óriáscsillag található, hanem igen sok csillagból álló gömbalakú csillagcsoport, amelyet a Tejútrendszer magvának szokás nevezni. A mag átmérője kb. 5000 fényév. Jellemző erre a magra, hogy a II. populációhoz tartozó csillagok alkotják, pl. igen sok RR Lyrae csillagot találtak benne és hogy a magban nincsen csillagközi gáz és por.

Ha a magot is figyelembe vesszük, a Tejútrendszert oldalnézetben olyanformán kell ábrázolnunk, mint az alábbi rajz mutatja:



4. ábra. A Tejútrendszer alakja oldalnézethen. A x a Nap helyét jelöli.

A Tejútrendszer magvára vonatkozó megállapításokkal összhangban van az a szabad szemmel tehető megfigyelés is, hogy a Tejút a Nyilas csillagkép irányában kiszélesedik.

A Tejútrendszer magjának részletesebb megismeréséhez még sok kutatómunka szükséges. Ezzel párhuzamosan folyik an-

nak felderítése is, hogy a nagy körvonalakon belül milyen a Tejútrendszer alakja a magon kívüli részeken. Az itt felmerülő lehetőségekhez a mi Tejútrendszerünkön kívüli, más hasonló nagy csillagrendszerek, az úgynevezett extragalaxisok tanulmányozása szolgáltatott támpontokat.

A mai korszerű műszerekkel megfigyelhető extragalaxisok számát több milliárdra becsülik és a viszonylag közelebbi extra-



5. ábra. Spirális szerkezetű extragalaxis.

galaxisokról készített fényképfelvételeken közvetlenül látható ezek alakja, felépítése. Ebben a tekintetben a tőlünk óriási távolságban levő extragalaxisok esetében könnyebb helyzetben vagyunk, mint a mi Tejútrendszerünket illetőleg, mert mi benne vagyunk a Tejútrendszer belsejében és az egésznek közvetlenül áttekintése nem áll módunkban. Nyilván egy város alakját is könnyebb felismerni valamilyen távolabbi hegytetőről, mint a város belsejéből.

Az extragalaxisok fényképei azt mutatták, hogy nem ahány tejútrendszer, annyiféle alakú, hanem alakjuk szempontjából a

tejútrendszernek néhány típusba sorozhatók. Vannak gömbalakú galaxisok, amelyek alakra és méretre is hasonlóak a mi Tejútrendszerünk magvához. Előfordulnak azután lapultabb, elliptikus alakúak és olyanok is, amelyek nemcsak a gömbalakú magból állanak, hanem a magból spirális, csigavonalhoz hasonló ágak nyúlnak ki. A fényképfelvételek alapján azt is meg lehetett állapítani, hogy csillagközi anyag kizárólag a spirális szerkezetű extragalaxisokban található, és pedig ezek magjában sohasem,



6. ábra. NGC 4594 jelzésű Sa spirális szerkezetű extragalaxis oldalnézetben. Jól láthatók a fősík mentén elhelyezkedő sötét portömegek. A fényesebb magot és lapultabb részt halványabb fénykoszorú formájában veszik körül a II. populációhoz tartozó csillagok

hanem a spirális ágak mentén. Minthogy a mi Tejútrendszerünkben nagy mennyiségben észleltek csillagközi gázt és port, igen valószínűnek látszott, hogy a Tejútrendszer is spirális szerkezetű. A legújabb kutatások ezt be is bizonyították.

A hozzánk legközelebbi spirális szerkezetű tejútrendszerrel, a Nagy Androméda ködről igen részletdús, pompás fényképfelvételek készíthetők. Baade olyan különleges műszeren át fotografálta az Androméda ködöt, amely csak azokat a vörös színű

fénysugarakat engedte át, amelyeket a világító hidrogénködök bocsátanak ki. Az ilyen módon készített fényképen az Androméda ködből csak a hidrogénködök voltak láthatók. Baade felvételei világosan mutatták, hogy a hidrogénködök csakis a spirális ágak belsejében helyezkednek el.

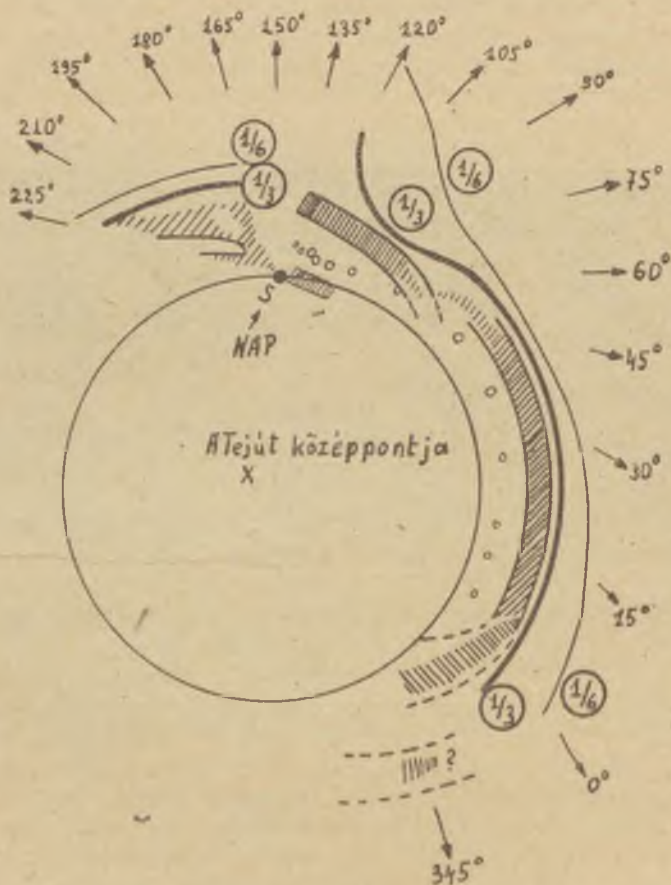
A mi Tejútrendszerünkben sem hiányoznak a világító hidrogénködök. Ezek a hidrogén gázfelhők akkor világítanak, ha egy közeli nagy hőmérsékletű csillag ibolyántúli sugarai világításra készíti a gázfelhő hidrogénatomjait. Kézenfekvő volt a gondo-



7. ábra. H. V. jelzésű extragalaxis. Középső részénél, a magjánál éppen úgy kiszélesedik, mint a mi Tejútrendszerünk

lat, hogy ha nyomon tudnánk követni a Tejútrendszerben a hidrogénködöket, ezek mintegy kirajzolnák a mi Tejútrendszerünk spirális ágait. Morgan végzett is ilyen vizsgálatokat, amelyek szerint a hidrogénködök térbeli eloszlása alapján két spirális ág létezésére lehetett következtetni. Ez a módszer azonban nem ág létezésére lehetett következtetni, mert a hidrogénködök alkalmas a spirális ágak végigkutatására, mert a hidrogénködök csak a forró csillagok környékén észlelhetők. A probléma megoldásához a csillagászatnak napjainkban kibontakozó új ága: a rádiócsillagászat adott segítséget. Ma már újfajta műszerekkel, az úgynevezett rádiótávcsövekkel fel tudjuk fogni az égitestek által kibocsátott rádióhullámokat is. Van de Hulst holland csillagász elméleti atomfizikai megfontolások útján jutott arra a következtetésre, hogy a csillagközi térben rendkívül ritkított állapotban levő hidrogén gázfelhő atomjai 21 cm-es rádióhullámokat bocsátanak ki. Szkolovszki szovjet asztrofizikus számításai szerint

igen valószínűnek látszott, hogy a hidrogénködök 21 cm-es rádiósugárzását észlelni is tudjuk. 1951-ben Ewen és Purcell amerikai, majd velük csaknem egyidőben Muller és Oorth holland csillagászok rádiótávcsövekkel meg is figyelték a 21 cm-es rá-



8. ábra. A Tejuťrendszer spirális szerkezete a spirálkarokban lévő hidrogénfelhők 21 cm-es rádiósugárzása alapján. A vonalkázott területek a spirálkarok helyzetét jelölik

dióhullámokat. A sikeres kísérletek után most már a 21 cm-es rádiósugárzás segítségével fel lehet tárni a Tejuťrendszer egész spirális szerkezetét. Az eddigi észlelések is minden kétséget kizárólag eldöntötték, hogy Tejuťrendszerünk valóban spirális

szerkezetű. Ez idő szerint három spirális ágról van tudomásunk. Azt is meg lehetett állapítani, hogy a Tejútrendszer forgása a spirális ágak feltekeredési irányában történik. (A csillagok keringését a középpont körül úgy is értelmezhetjük, mintha a rendszer forogna tengelye körül.)

Mint láttuk, a modern csillagászat már igen sok lényeges vonását tisztázta a Tejútrendszer szerkezetének. A Tejútrendszer alakjára, méreteire, a mag és a spirális karok létezésére vonatkozó adatokat ma már nem feltevéseknek, hanem bebizonyított tényeknek tekinthetjük. Mégis azt mondhatjuk, hogy a nagyszerű eredmények még csak alapjait rakták le a további, a részletekbe hatoló kutatásoknak. Hiszen még messze távol vagyunk attól, hogy pontosan ismernénk a Tejútrendszer százmilliárdnyi csillagának térbeli eloszlását és mozgását. A tudomány fejlődésével azonban az eddigi kutató módszerekhez szüntelenül újabbak csatlakoznak. A rádiócsillagászat nemcsak a spirális ágak felkutatása, hanem más téren is hathatós eszköznek bizonyult a Tejútrendszer vizsgálatánál. A mag létezését például a rádióhullámok révén is ki lehetett mutatni. De hírt adtak a rádióhullámok olyan égitestek létezéséről is a Tejútrendszerben, amelyek nem azonosíthatók a távcsővel látható vagy fényképezhető csillagokkal. A még elvégzendő sokféle vizsgálat nem is szorítkozhat csupán a Tejútrendszer belsejére, mert a Tejútrendszert is valójában csak más tejútrendszerekkel való összefüggésében ismerhetjük meg. Példaképpen megemlíthetjük, hogy a csillagok mozgásának vizsgálatánál is figyelembe kell venni a többi tejútrendszer vonzását is. Emlékeztünk rá, hogy Herschel a tejútrendszereket nevezte „világszigeteknek”. A modern elképzelések szerint a világmindenség nagy egységei nem is maguk a tejútrendszerek, hanem ezek csoportjai, halmazai. Egyik ilyen galaxishalmaz tagja a mi Tejútrendszerünk is. Ennek a galaxishalmaznak megismerése lényegesen előbbre fogja vinni magára a Tejútrendszerre vonatkozó tudásunkat is.

Róka Gedeon

A BOLYGÓK BELSŐ SZERKEZETE

A bolygók szerkezetének problémája az utóbbi időben mindinkább felkelti az asztrofizikusok érdeklődését. A modern fizika felfedezéseinek alkalmazása számos nem várt eredményt adott, sőt, talán azt is mondhatjuk, hogy az egész kérdéskör új megvilágításba került. A probléma érdekes kozmogóniai szempontból is, sőt még bizonyos gyakorlati vonatkozásai is vannak: támpontokat nyújt a geofizikusok és geokémikusok számára Földünk szerkezetének vizsgálatánál.

Az alábbiakban röviden beszámolunk e problémaköi jelenlegi állásáról, előzőleg azonban összegezzük a kérdés „módszertanát”. Talán meglepő lehet, hogy ez a módszertani rész szinte hosszabb, mint maguknak a bolygóknak, azok szerkezetének ismertetése. Ez azonban lehetővé teszi, hogy a különböző hipotézisekről, a vizsgálatok pontosságának kérdéséről, a probléma speciális nehézségeiről stb. világosabb képet nyerjünk; azonkívül is, mint látni fogjuk, olyan kérdésekről van szó itt, amelyek önmagukban is elég érdekesek.

*

A bolygók belső szerkezetének vizsgálata a csillagok szerkezetének vizsgálatától lényegesen eltérő természetű, bizonyos értelemben annál sokkal nehezebb feladat. A csillagok nagy többségének — a fősorozathoz és az óriásághoz tartozó csillagoknak — belsejében a csillaggáz viselkedése nem tér el az ideális gázétól, tehát a csillaganyag állapotát ismert és viszonylag egyszerű törvénnyel fejezhetjük ki. Az erős ionizáció következtében az úgynevezett „közepes molekulásúly” csak szűk körön változik (értéke 1 körül van a csillagok belsejében), ami sokszor jelentős könnyebbség a vizsgálat során. Igaz ugyan, hogy az energiatermelés és transzport még mindig nincs eléggé kikutatva, mindazonáltal maga a sugárzás jól hozzáférhető kapcsolatot teremt a csillagok belsejének elméletei és a megfigyelés tényei között. Végül pedig a szinképek kvantitatív elemzése sokat elmond a csillagok vegyi összetételéről.

A bolygók vizsgálatánál mindezek a támaszok hiányoznak. A szilárd anyag viselkedését leíró törvényeket nem ismerjük eléggé megbízhatóan azoknak a nagy nyomásoknak tartományában, amelyek a bolygók belsejében uralkodnak. Laboratóriumi kísérleti eredmények extrapolálásából és elméleti meggondolásokból tudunk — inkább csak kvalitatív — képet alkotni magunknak. Azonkívül a vegyi összetételre tett feltevések sokkal érzékenyebben befolyásolják vizsgálataink eredményét. Spektroszkópiai megfigyeléseink, melyek csupán a bolygók légkörére vonatkoznak, a belső összetételről, amint a Föld példáján is láthatjuk — egyes esetekben úgyszólván semmit sem árulnak el. Igaz, van egy-két asztrofizikai adat, amire támaszkodhatunk; így az a megállapítás, hogy bolometrikus mérések és a szinkép tanulmányozása alapján úgy látszik, a bolygók felszíni hőmérséklete éppen annak felel meg, amit a Naptól való távolság alapján várhatunk. A bolygók belsejéből tehát számottevő mennyiségű hő nem szabadul ki. (Legfeljebb a Jupiter esetében van e tekintetben némi bizonytalanság, de *lényeges* hatásról itt sem beszélhetünk.)

Legfőbb támaszaink a bolygók méretére, tömegére és sűrűségére vonatkozó mérések, valamint a belső tömegeloszlásról levezethető bizonyos adatok. Némi kárpozlást jelent az is, hogy Földünk belsejéről a földrengéshullámok terjedésének megfigyelése érdekes felvilágosításokat ad.

1. A vizsgálatok módszerei

A bolygók belső szerkezetére vonatkozó legfontosabb adataink négy forrásból nyerhetők.

1. Adatok a sűrűségnek a középpont felé bekövetkező növekedéséről, égimechanikai meggondolások alapján. A sűrűség menetét a megfigyelésekből egyértelműen levezetni nem tudjuk, bizonyos képet mégis nyerhetünk arról, hogy milyen mértékben koncentráliódik a bolygó tömege a középpont felé.

2. Korlátokat tudunk megadni, igen általános feltételek mellett a felszíni sűrűsége, illetve a középponti nyomásra vonatkozóan. Ezek azonban, éppen mivel nagyon általános feltevések mellett vezethetők le, elég tág határok közé zárják a nyomást, illetve a sűrűséget és inkább csak első tájékozódásra szolgálnak.

3. Laboratóriumban tanulmányozhatjuk a különböző anyagok viselkedését, egészen néhány százezer atmoszféraig terjedő

nagy nyomásokat alkalmazva. A bolygók belsejében azonban a nyomás ennél általában 1—3 nagyságrenddel nagyobb, experimentálisan tehát nem tudjuk tanulmányozni, hogy miként viselkednek az anyagok a bolygók belsejében fennálló nyomások tartományában. A laboratóriumi megfigyelések eredményeit kiegészítő, analógián alapuló következtetések, valamint bizonyos elméleti megfontolások helyettesítik úgy-ahogy a hiányzó állapotgyenletet.

4. A Föld belső szerkezetéről közvetlen információt nyerhetünk a földrengéshullámok terjedésének vizsgálatából. Egyértelmű megoldást ez sem ad (lényegében megadja a sűrűségmenetét, de nem a kémiai összetételt). A Földre vonatkozó vizsgálatok alapját mégis a szeizmikus megfigyelések adják.

A következőkben sorra vesszük ezeket az információkat.

A tehetetlenségi nyomatékkal kapcsolatos vizsgálatok

A megfigyelésünk számára legfontosabb adatok: a bolygók tömege, átmérője és az e kettőből adódó közepes sűrűség. Az alábbi táblázatban összegezzük erre vonatkozó mai ismereteinket, a bolygók adatait kiegészítve a Hold adataival is. A Plutót nem vettük fel a táblázatba, mert róla úgyszólván semmi biztosat nem tudunk.

	Átmérő (km)	%-os hiba	Tömeg (Föld = 1)	%-os hiba	Közepes sűrűség*	%-os hiba
Merkur	5 000	5	0,015	15	4,1	30
Vénusz	12 400	1	0,82	0,3	4,9	4
Föld	12 470	—	1,00	—	5,52	—
Mars	6 780	0,3	0,108	0,16	3,85	1
Jupiter	139 760	1	318,35	0,003	1,33	3
Szaturnusz	115 100	1	95,3	0,1	0,71	3
Uránusz	51 000	10	14,6	1	1,26	30
Neptunusz	44 600	10	17,3	1	2,22	30
Hold	3 480	—	0,0123	0,025	3,34	—

* A sűrűséget végig g/cm³-ben adjuk meg.

Láthatjuk a táblázatból, hogy a Merkúr tömege, az Uránusz és a Neptunusz átmérője elég bizonytalan. Ennek következtében ezeknek a bolygóknak közepes sűrűsége csak igen tág hibahatárok között ismeretes. Jellemző példa, hogy bár a Neptunusz látszó átmérőjének legújabb, *Kuiper*-féle mérése a régebbi, *Rabe* által levezetett értéktől csupán 0,2 fvmásodperccel eltérő

értéket szolgáltatott, az átlagos sűrűség emiatt mégis 1,62-ről 2,22-ra nőtt! Az utóbbi adat a Neptunuszt rendkívülinek mutatja az óriásbolygók között, míg az előbbi érték a többiekkel egy sorba helyezhető, bár a normálisnál még mindig valamivel magasabb.

A tömeg eloszlását mutató legfontosabb adat a bolygók *tehetetlenségi nyomatéka*. Ha egy test több, gyakorlatilag pontoszerű $m_1, m_2 \dots$ tömegekből áll, melyeknek távolságai egy megadott síktól, illetve egyenestől $r_1, r_2 \dots$, akkor a testnek erre a síkra, illetve tengelyre vonatkoztatott tehetetlenségi nyomatéka a következő összeg:

$$m_1 r_1^2 + m_2 r_2^2 + \dots$$

Ha a bolygókat gömbnek tekintjük, akkor az átmérőre vonatkoztatott I tehetetlenségi nyomatékot — folytonos tömegeloszlásról lévén szó — a következő integrál adja meg:

$$I = \frac{8\pi}{3} \int_0^R \rho r^4 dr.$$

E formulában az r integrálási változó a centrumtól mért távolság, R a bolygó sugara, ρ pedig a sűrűség, mely általában nem állandó, hanem r -től (tehát a középponttól mért távolságtól) függ: $\rho = \rho(r)$.

Tételezzük fel azt, hogy a sűrűség a felszíntől mért távolsággal monoton változik, tehát befelé haladva a sűrűség *nem csökkenhet*. Ez teljesen magától értetődő feltevés és azzal a következménnyel is jár, hogy — adott rádiusz és tömeg mellett — egészen egyszerűen megadhatjuk a tehetetlenségi nyomaték lehetséges szélső értékeit. A *legnagyobb* érték akkor adódik, ha az égitest egész belsejében a sűrűség állandó és egyenlő a tömegeből és rádiuszából számított közepes sűrűséggel. A *legkisebb* tehetetlenségi nyomaték adódna abban a (fizikailag természetesen nem realizálható) határesetben, az úgynevezett Roche-modell esetében, ha az egész tömeg a középpontba lenne koncentrálna és ezt venné körül egy elhanyagolható sűrűségű burok.

A fenti formulából adódik, hogy az első esetben, tehát homogén eloszlás esetében, a tehetetlenségi nyomaték $I = \frac{2}{5} MR^2$.

(Tegyük ugyanis az integrálban $\rho = \frac{3M}{4\pi R^3} = \text{állandó-t!}$) A második esetben a tehetetlenségi nyomaték nyilvánvalóan zérus.

Így tehát azt mondhatjuk, hogy az úgynevezett *relatív tehetetlenségi nyomaték*, az I/MR^2 nevezetlen szám, homogénbolygó esetére 0,4 és minél erősebb a tömeg koncentrációja a középpont felé, ez a szám annál kisebb lesz. Az I/MR^2 hányados tehát — legalábbis „tájékoztató jellegű” — felvilágosítással szolgál a tömeg koncentrációjáról. Egyértelműen azonban ez az adat nem határozhatja meg a tömegek eloszlását; könnyen belátható, hogy a ρ sűrűség sugármenti változásának sokféle módja ugyanazt a relatív tehetetlenségi nyomatékot szolgáltatja. Ha azonban van valamilyen hipotézisünk a sűrűség menetéről, akkor az I/MR^2 hányados megfigyelt értékének az elméletileg számítottal való összevetése fontos ellenőrző kritériumot jelent.

Hogyan határozhatjuk meg a relatív tehetetlenségi nyomatékot? Erre vonatkozóan a bolygó *lapultsága* szolgáltat felvilágosítást. A (közelítő) Radau—Darwin formula szerint:

$$\frac{I}{MR^2} = \frac{3}{2} \left\{ 1 - \frac{2}{5} \sqrt{1 + \eta} \right\}$$

ahol is η a következőképpen van definiálva: $\eta = \frac{5}{2} \frac{\varphi}{\varepsilon}$; itt ε

a lapultság, $\varphi = \frac{4\pi^2 R^2}{k^2 M t^2}$ pedig a centrifugális erőnek a gravi-

tációhoz való aránya a bolygó egyenlítőjén. (A betűk magyarázata: R ismét a bolygó rádiusza, t rotációs periódusa, M tömege, végül k^2 a gravitáció állandója. A lapultságot úgy definiáljuk, mint az egyenlítői és sarki rádiusz különbségének az egyenlítői rádiuszhoz való arányát.)

A relatív tehetetlenségi nyomaték tehát a lapultságból és a rotációs időből kiszámítható. Még azoknak a bolygónak esetében is, amelyeknél a lapultság *közvetlenül nem mérhető*, így például a Neptunusznál, meghatározható a φ/ε arány, ha a bolygónak van holdja. A lapultság következtében előálló egyenlítői „kidudorodás” ugyanis úgy perturbálja a hold mozgását, hogy a holdpálya nagy tengelye általában előrehaladó, a pálya csomóvonal* pedig általában retrográd irányban elmozdul. A nagy tengely, illetve a csomóvonal körülfordulásának periódusa megegyezik egymással (jele T) és a következő (közelítő) összefüggésben áll a hold keringésidejével, a hold pályájának nagy tengelyé-

* Itt a holdpálya síkjának metszete a bolygó egyenlítői síkjával.

vel, a bolygó rádiuszával, valamint a centrifugális erőnek és a gravitációnak a bolygó egyenlítőjén mért φ arányával:

$$T = \frac{a^2}{R^2} \frac{p}{\varepsilon - \frac{\varphi}{2}}$$

(A képletben a betűk jelentése ugyanaz, mint fentebb, továbbá a a holdpálya fél-nagy tengelyét, p a hold keringésidejét jelenti.)

Összefoglalva tehát: meghatározzuk a lapultságot, vagy közvetlen mérésből, vagy a hold mozgásából, továbbá a φ hányados értékét (ez közvetlenül mérhető), ezekből pedig a Radau—Darwin formula alapján az $1/MR^2$ hányadost.

Az $1/MR^2$ értéke a Földre vonatkozóan 0,334, a Mars esetében 0,359, a nagybolygók mindegyikére közelítőleg 0,24, végül a Hold esetében 0,397. A Merkurról és Vénuszról, úgyszintén a Plutóról nincsen adatunk. Ezekből az értékekből láthatjuk, hogy a Holdnak csaknem homogén felépítésűnek kell lennie; a Mars belsejében is elég gyenge a tömeg koncentrációja a centrum felé; a nagy bolygóknál ezzel szemben a középpont felé erősen növekedő sűrűséggel kell számolnunk. A Föld középhegyet foglal el az óriásbolygók és a Mars között.

Meg kell azonban jegyeznünk azt: a Radau—Darwin formula levezetésénél feltevésként szerepel, hogy a bolygók alakja úgy tárgyalható, mintha egészében folyadékból álló tömegekről volna szó. A létrejövő alakzat tehát a hidrosztatikai egyensúlynak felel meg. Ez ellentmondásban látszik lenni azzal a körülménnyel, hogy a bolygóknál bizonyosan jelen van a szilárd fázis is, sőt fel kell tételeznünk, hogy a nagy nyomás miatt a bolygók belsejében levő valamennyi anyag számos szempontból szilárd anyagként viselkedik. Azonban éppen a nagy nyomások következtében már a felszíntől nem nagy távolságban is olyan igénybevételnek van alávetve az anyag, hogy ha az alakzat eltérne a hidrosztatikus egyensúlynak megfelelőtől, a fellépő nagy nyíró erőknek semmiféle szilárd anyag nem tudna ellenállni. Így a bolygók alakját az óriásbolygóknál feltétlenül, a kisebb tömegű földtípusúaknál legalábbis tűrhető közelítésként úgy tárgyalhatjuk, mintha folyadéktömegekről lenne szó.

Korlátok a középponti nyomásra és a felszíni sűrűségre

Ugyancsak a hidrosztatikus nyomás igen nagy volta teszi lehetővé, hogy a nyomás változását a rádiusz mentén a következő egyenlettel írjuk le:

$$\frac{dP}{dr} = - \frac{k^2 M_r}{r^2} \rho.$$

Ebben az egyenletben ismét r jelenti a centrumtól mért távolságot, M_r az úgynevezett rész-tömeget, — vagyis azt a tömeget, mely a centrum körül r sugárral írt gömbön belül esik — P a nyomást, ρ pedig a sűrűséget.

Ugyanez az egyenlet szerepel a csillagok belső szerkezetének elméletében is és ott azt fejezi ki, hogy a külső rétegek súlyával a kifelé ható gáz- és sugárnyomás egyensúlyt tart. Bolygók esetében ez az egyenlet azt fejezi ki, hogy a külső rétegek súlyát, nyomását a belső rétegekre, az anyag rugalmassága ellensúlyozza.

Ez utóbbi, tehát a hidrosztatikus egyensúlyt kifejező egyenlet alkalmazhatósága fontos következményekkel jár a bolygók belső szerkezetének elméletében. Kiegészíthetjük ugyanis ezt az egyenletünket a következő triviális összefüggéssel:

$$\frac{dM_r}{dr} = 4\pi r^2 \rho,$$

mely csupán azt fejezi ki, hogy a rádiusz dr -rel való megváltozása esetén a tömeg megváltozása $4\pi r^2 dr \rho$. Ha ismét feltételezzük azt, hogy a sűrűség befelé haladva *nem csökken*, akkor a csillagok belső szerkezetének elméletében két nagyon általános összefüggést vezethetünk le, egy alsó és felső korlátot külön az átlagos és külön a centrális nyomásra. Ezek a relációk most a *bolygókra is alkalmazhatók*. A bolygó belsejében uralkodó (atmoszférában mért*) P átlagos nyomásra, melynek definíciója

$$\bar{P} = \frac{1}{M} \int_0^R P dM_r$$

kapjuk:

$$6,93 \cdot 10^4 M^{1/2} \bar{\rho}^{1/2} \leq \bar{P} \leq 6,93 \cdot 10^4 M^{1/2} \rho_c^{1/2};$$

a P_c középponti nyomásra pedig

$$1,73 \cdot 10^5 M^{1/2} \bar{\rho}^{1/2} \leq P_c \leq 1,73 \cdot 10^5 M^{1/2} \rho_c^{1/2}.$$

* Az „atmoszféra“ végig a nyomás CGS egységének (din/cm²-nek) 10⁶-szorosát jelenti. A normális légköri nyomás 1,01 × 10⁹ din/cm², gyakorlatilag tehát nyugodtan tekinthetjük a megadott nyomásadatokat úgy is, mintha légkörnyomásban, „technikai” atmoszférában lennének megadva.

(Itt $\bar{\rho}$ az átlagos, ρ a középponti sűrűség, a M tömeg egysége legyen a Föld tömege: $6,10^{27}$ g).

Az alábbi táblázatban megadjuk az ilyen módon nyert *alsó* korlátokat, ezek kiszámítása nem ütközik nehézségbe, hiszen a formulában megfigyelés-adta *átlagos sűrűség* szerepel.

	\bar{P} (atm) \cong	P_c (atm) \cong
Merkur	$2,3 \cdot 10^4$	$7,3 \cdot 10^4$
Vénusz	$4,76 \cdot 10^5$	$1,17 \cdot 10^6$
Föld	$6,76 \cdot 10^5$	$1,66 \cdot 10^6$
Mars	$5,4 \cdot 10^4$	$1,3 \cdot 10^5$
Jupiter	$4,13 \cdot 10^6$	$1,04 \cdot 10^7$
Szaturnusz	$7,66 \cdot 10^5$	$1,88 \cdot 10^6$
Uránusz	$4,76 \cdot 10^5$	$1,17 \cdot 10^6$
Neptunusz	$8,71 \cdot 10^5$	$2,16 \cdot 10^6$
Hold	$1,83 \cdot 10^4$	$4,48 \cdot 10^4$

A felső korlátokat már nem tudjuk közvetlenül megadni, mert ezekben nem a sűrűség átlagos, hanem középponti értéke szerepel, ehhez pedig az állapotegyenlet ismerete lenne szükséges.

A csillagok belső szerkezetének elméletében majdnem ugyanilyen általános feltételek mellett, csupán az ideális gáz állapotegyenletének hozzávételével a hőmérsékletre is le lehet vezetni alsó és felső korlátot. Bolygók esetében azonban ez nem jogosult erre a kérdésre a későbbiekben, az óriásbolygókkal kapcsolatban különben még visszatérünk. Az összehasonlítás kedvéért mégis megjegyezzük, hogy a formulák, gépiesen alkalmazva, a földtípusú bolygókra 1000 — 2000° K-t, az óriásbolygókra $10\ 000$ — $60\ 000^\circ$ K-t adnak a középponti hőmérséklet alsó korlátjaként.

Levezethetünk azonban, és pedig rendkívül egyszerű módon, korlátokat a felszíni és középponti sűrűségekre. Ezek a becslések *Jeffreys*-től erednek és levezetésük annyira rövid, hogy érdemes ide iktatnunk.

Ha a bolygó tömegét úgy csoportosítjuk át, hogy a felszíni sűrűség (ρ_s) értékére redukáljuk a sűrűséget az egész bolygó belsejében, a fennmaradó tömeget pedig a középpontban egyet-

len pontban tömörítjük össze,* akkor ezzel az eljárással a tehetlenségi nyomatékot nyilvánvalóan csökkentjük, hiszen a tömegek forgási sugarát kisebbítjük. Vagyis felírhatjuk a következő egyenlőtlenséget (lásd a 183. lap integrálképletét):

$$I > \frac{8\pi}{15} \varrho_s R^5,$$

amiből viszont $\varrho_s < 2,5 \frac{I}{MR^2} \bar{\varrho}$ következik, tehát egy becslést

kaptunk a felszíni sűrűségekre.

Hasonló gondolatmenetet alkalmazhatunk a centrum minimális sűrűségének megbecslésére. Csoportosítsuk át a bolygó tömegét úgy, hogy az egész tömeg a középpont körül írt a sugarú gömbben helyezkedjék el, ennek a gömbnek belsejében az anyag legyen egyenletesen elosztva és a sűrűség legyen a ϱ_c középponti sűrűség. Ezt a magot vegye körül egy elhanyagolható sűrűségű burok, mely a bolygó felszínéig terjed. Ez esetben a tehetlenségi nyomaték szintén csökken az eljárás során, tehát

$$I > \frac{8\pi}{15} \varrho_c a^5, \quad \varrho_c a^3 = \bar{\varrho} R^3;$$

ebből pedig a másik egyenlőtlenség, a középponti sűrűség korlátja következik — mint az imént, itt is némi átalakítás után:

$$\varrho_c > \left(2,5 \frac{I}{MR^2} \right)^{3/5} \bar{\varrho}.$$

Az egyes bolygókra a felszíni sűrűség maximális és a centrális sűrűség minimális értékeit a következő táblázat tünteti fel:

Föld	Jupiter	Szaturnusz	Uránusz	Neptunusz
4,6	0,83	0,39	0,8	1,5
7,3	2,7	1,7	2,8	4,0

Meg kell gondolnunk még azt, hogy a fenti becsléseket fizikailag egészen szélsőséges hipotézisekből vezettük le, a sűrűség tényleges értéke a becslés adta korláttól jelentékenyen eltéríthet.

* Esetleges félreértések elkerülése végett megjegyezzük, hogy ezek a kifejezések: „csoportosítsuk át a tömeget a bolygó belsejében“, „redukáljuk a sűrűséget a külső rétegben gyakorlatilag zérusra“ stb., csupán ennek szinonimái: „tekintsünk két bolygómodell, az egyik mutassa pontosan azt a sűrűség eloszlást, amit a bolygó, a másikban pedig a sűrűség eloszlása legyen olyan, hogy stb., stb.“

A középponti sűrűsége megadott minimális értékeknek ezért nincs lényeges szerepük a bolygók szerkezetének elméletében. Érdekesebbek a felszíni sűrűségekre vonatkozó korlátok, mivel az óriásbolygókra feltűnően kicsiny értékeket kapunk, különösen a Szaturnuszra. Ez azt jelenti, hogy egyes esetekben csaknem egyértelműen eldönthető, milyen anyagok vannak a felszínen.

A nagy nyomások fizikájának néhány eredménye

Ma már lehetséges több százezer atmoszféráig terjedő, igen nagy nyomások mellett vizsgálni az anyagok viselkedését. Igaz ugyan, hogy ezek az eredmények csupán kivételes esetekben alkalmazhatók közvetlenül. Így például a Hold kis tömege miatt a nyomás a középpontban sem nő a laboratóriumi értékek fölé, és hasonló lehet a Merkúr esetében is. A legtöbb bolygónál azonban a belső nyomás olyan értékeket ér el, hogy az anyag viselkedése ilyen feltételek mellett laboratóriumban közvetlenül már nem ellenőrizhető. Mindazonáltal tanulságos lesz megismerkedni a nagy nyomások kísérleti vizsgálatának néhány eredményével.

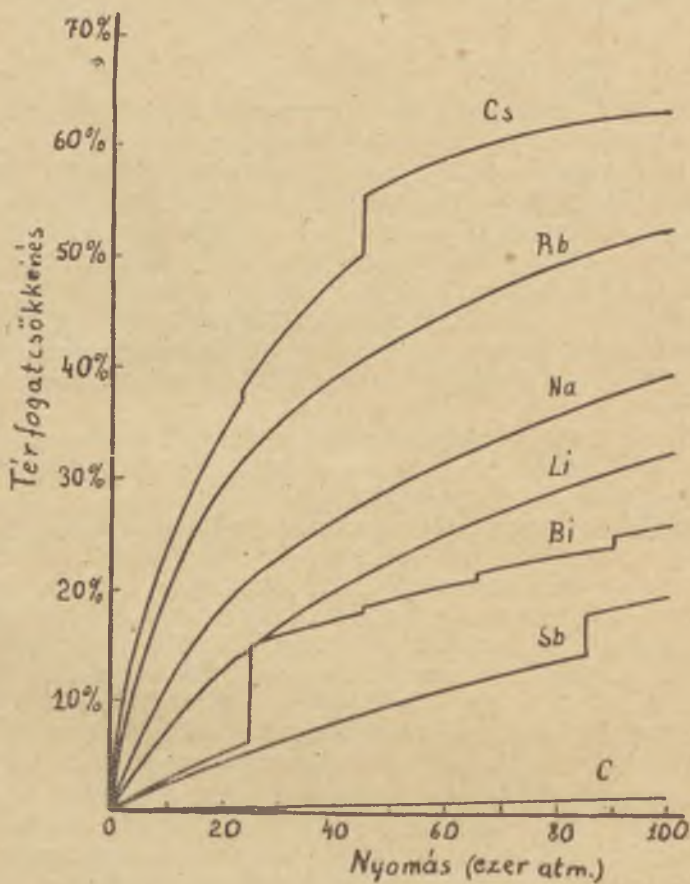
Ha különböző anyagokat egyre növekvő nyomásnak vetünk alá, a bekövetkező állapotváltozásokról nagyjából a következő képet alkothatjuk magunknak.

A Földön megszokott, „normális” nyomások hatása a nyomásnak kitett anyag halmazállapotától függ. A gázoknál az összenyomhatóság (kompresszibilitás) igen nagy, a nyomás hatására kialakult térfogat a nyomással tág határok között fordítottan arányos. Ez a körülmény könnyen érthető a kinetikus gázelméletből: ha a gázt, mondjuk térfogatának harmadára nyomjuk össze, akkor köbcentiméterenként a molekulák száma, a fejlületegységen másodpercenként bekövetkező ütközések száma is megháromszorozódik, tehát a nyomás háromszorosára nő.

A nyomás fokozódásával a molekulák oly közel kerülnek egymáshoz, hogy számottevő kölcsönhatás lép fel közöttük. A molekulákat elválasztó „közök” fokozatosan „megtelnek”, végül is a molekulák gyakorlatilag érintkeznek egymással. Ez az állapot a következménnyel jár, hogy az összenyomhatóság a nyomásnövelésével erősen csökken, az imént említett fordított arányosság törvénye elveszti érvényét; ez a helyzet jellemző a folyadékokra.

Amikor már a molekulák érintkezésbe kerültek, a nyomás további növelése azzal a következménnyel jár, hogy maguk a molekulák, illetve atomok deformálódnak. Ez a helyzet például

szilárd testek összenyomása esetén. A nyomás növelésével a kompresszibilitás általában csökken. Az igen nagy nyomások tartományában (tízezer—százezer atmoszféra) a legtöbb megvizsgált anyag hirtelen, ugrásszerű térfogatcsökkenést mutatott, bizonyos „kritikus” nyomásértékek elérésénél. Ilyen hirtelen



1. ábra

térfogatváltozás lép fel például a cézium esetében, 45 ezer atmoszféra nyomást alkalmazva. A térfogatváltozás ekkor mintegy 17% -ot tesz ki és teljesen megmagyarázható az atomon belül az elektronok átrendeződésével (az úgynevezett 6s héjról az 5d héjra való átmenettel). A kristályrács megváltozása ebben az

esetben már nem magyarázza meg a térfogatváltozást, mert itt a kristályrácsban az atomok amúgyis a lehető legszorosabb elrendezésben, lapcentrált kockarácsban helyezkednek el.

Más esetben azonban a térfogatnak ilyen ugrásszerű megváltozása még csupán a kristályrács megváltozását jelenti, ilyenkor általában kismértékű (néhány százalékos) a térfogat változása. Geofizikai szempontból igen jelentős például az olivin nyomás hatására bekövetkező allotrop változása, amelyre a figyelmes *Bernal* hívta fel 1936-ban. Az olivin vas-, illetve magnézium-szilikát keveréke (Fe_2, Mg_2) SiO_4 , amelynél az ionok elrendezése izomorf a magnéziumgermanát [$\text{Mg}_2 \text{GeO}_4$] hexagonális kristályrácsával. Ez utóbbiról viszont ismeretes, hogy a nyomás hatására kockarács szerkezetű kristályos anyagba megy át, mintegy 9%-os sűrűségnövekedéssel. Feltételezhetjük, hogy hasonló allotrop módosulás a nyomás hatására az olivin esetében is fellép.

A *Bridgman*-vezette laboratóriumban mintegy 100 ezer atmoszféra nyomásig vizsgálták egy sereg különböző anyag viselkedését. A kapott változatos eredményekről 1. ábránk ad felvilágosítást. Láthatjuk, hogy a különböző anyagok jórésze már ebben a nyomástartományban átmegy ilyen ugrásszerű térfogatváltozáson, némelyik többször is. Klasszikus példája ennek a bizmut, vagy az 1. ábrán fel nem tüntetett víz esete. Ez utóbbin megfelelő nyomásokkal a szilárd változat, a jég hétféle allotrop módosulását lehet létrehozni. A „legmakacsabb” elem a szén, a gyémántváltozatban, 100 ezer atmoszféra mellett a térfogatváltozás még 2%-ot sem tesz ki.

Fémes fázis

A *Brigman*-féle laboratóriumban már 100 ezer atmoszféránál lényegesen nagyobb nyomásokat is elértek, egészen körülbelül 400 ezer atmoszféráig. Ilyenkor azonban a nyomás hatására beállott térfogat-, szerkezet-, vezetőképesség- stb. változásokat ez idő szerint még nem lehet mérni. Ezeknek és az ennél nagyobb nyomásoknak hatásáról a különböző anyagokra csupán elméleti megfontolásokból következtethetünk. Pedig a százezer, millió atmoszférás nyomások hozzák létre az anyagoknak azt a módosulását, amelyik csillagászati szempontból a legfontosabb, a fémes fázisba való átmenetet. Ennek jelentőségét a geofizika és a csillagászat szempontjából főleg *Ramsey* hangsúlyozza (bár már a 30-as évek végén *Wildt* felvetette ezt a gondolatot).

A fémes fázisba való átmenet megértése végett meg kell gondolnunk azt, hogy a lényeges különbség fémek és nemfémek közt elektromos és hővezető képességük erősen eltérő voltában nyilvánul meg kifelé. A fémek a hőt általában több ezerszer, az elektromosságot több milliószor, sőt milliárdszor jobban vezetik, mint a nemfémek. Tekintsünk például egy olyan anyagot, nemfémes anyagot, amelyik zárt héjakkal rendelkező molekulákból épül fel; ilyen például — mint nemesgáz — a hélium, vagy a H_2 (mindkettő szilárd halmazállapotban). A szóban forgó anyag az elektromosságot nem vezetheti, hiába is létesítünk feszültséget. Bármely elektron mozgásának az úgynevezett Pauli-féle elv értelmében egy másik elektron ugyanolyan sebességű, ellenkező irányú mozgása felel meg, tehát áram nem jöhet létre. Ahhoz, hogy a nemfémes anyagot a fémekhez hasonlóan jövezetővé tegyük, az szükséges, hogy az elektronokat, vagy azoknak egy részét a kristályrács atomjaitól, illetve molekuláitól „szabaddá tegyük”, olyan állapotot hozzunk létre, amelyben az elektronok az anyag atomjai, illetve molekulái között közelítőleg szabadon mozoghassanak, mint a fémek elektronjai a fémionok között. Vagyis az szükséges, hogy a zárt héjakat a molekula-szerkezetben megbontsuk. Elegendő nagy nyomás mellett bekövetkezik az, hogy az elektronok egy része szabaddá, pontosabban *majdnem* szabaddá lesz, az anyag vezetőképessége igen megnő, beáll a fémes állapotba való átmenetel. Egyes elemeknél (foszfor, arzén) a fémes változatot aránylag kis nyomás már létrehozza, sőt a szürke-ón, az ón fémes változata normális nyomásnál is stabilis — elegendően alacsony hőmérséklet mellett.

Ez az átmenet a sűrűségnek ugrásszerű és nagyfokú megnövekedésével jár. Ahhoz ugyanis, hogy a zárt elektronhéjakat az említett módon megbontsuk, igen tekintélyes energiára van szükség, nagyságrendben molekulánként 10 elektron-voltra. Amint a nyomást növeljük, bizonyos kritikus értéknél a térfogatot csökkentő hidrosztatikus erők munkája éppen ezt az energiát szolgáltatja. Ekkor történik az átmenetel a fémes állapotba, amelyik tehát a térfogat erős, hirtelen redukciójával jár. Abszolút zérus hőmérsékletre számolva (tehát a hőmérséklet szerepét elhanyagolva) a folyamat energiámérlege a következő:

$$U_2 - U_1 = P(V_1 - V_2);$$

itt P a kritikus nyomás, $(U_2 - U_1)$ a zárt héj megbontásához szükséges energia, V_1 , illetve V_2 a móltérfogat a fázisváltozás előtt, illetve után. Ez utóbbiak különbsége 10 cm^3 nagyságrendűnek vehető, amiből a fentebbi (10 elektron-volt/molekula)

energiaérték tekintetbe vételével az adódik, hogy a kritikus nyomás millió atmoszféra nagyságrendű. Ez az adat természetesen csupán általános tájékozódást szolgál, mindenestre annyit láthatunk, hogy a fémes fázisba való átmenet létrehozatalához olyan nyomások szükségesek, amelyek a bolygók belsejében általában rendelkezésre állanak, hiszen — mint látjuk majd — a Föld belsejében a középpont-környéki nyomást 4 millió atmoszférára becsülik, az óriásbolygók középponti nyomása pedig 30—50 millió atmoszféra lehet.

A kritikus nyomás számítása bonyolult kvantum-mechanikai feladat és eddig csak a hidrogénre és legújabban az ammóniára végezték el. Előbbire vonatkozóan többen, így *Kronig*, *de Boer* és *Korringa*, illetőleg *Ramsey* számításai azt mutatták, hogy a fémes fázisba való átmenet mintegy 800 ezer atmoszféra nyomásnál következik be. Ekkor a hidrogén sűrűsége, amelyik az „eredeti” 0,089-ről eddig a nyomásig 0,35-re nőtt, hirtelen 0,77-re ugrik. A nyomás további növelése mellett, 30 millió atmoszféráig a sűrűség fokozatosan egészen 3,1 g/cm³-re emelkedik.

A hidrogénre végrehajtott számítások jelentősége abban van, hogy a leggyakoribb elem az Univerzumban a hidrogén és szerepe az újabb vizsgálatok szerint alapvető a bolygók, különösen az óriásbolygók felépítésében is. A többi geofizikai, illetőleg csillagászati szempontból fontos anyagra hasonló számításokat még alig tettek közzé. *Ramsey* egy cikkében említi, hogy *Baltensperger* a számításokat héliumra már elvégezte és vizsgálatait előreláthatólag rövidesen publikálja. Ezek szerint a hélium, amelynek ismeretes módon különösen magasak a gerjesztési és ionizációs energiái, csak igen magas nyomáson, 18 millió atmoszféra mellett megy át a fémes fázisba, ekkor a sűrűség, mely addig 4,8-ig nőtt, 5,7-re ugrik. A vízre, metánra és az olivinre, amelyeknek szerepe bizonyára jelentős a bolygók felépítésében, az idevágó számításokat eddig még meg sem kísérelték; elméleti becslések szerint a fémes módosulás létrehozásához ezeknél az anyagoknál szintén igen magas nyomásra van szükség. Más a helyzet az ammonia esetében, melyről *Bernal* és *Massey* nemrég közzétették számításaik eredményét. Aránylag igen alacsony nyomás mellett, amelyik 250 000 atmoszféránál biztosan kisebb, a közönséges ammonia és hidrogén-kristályok keveréke fémes ammoniává (NH₄) válik. Ez utóbbi normális körülmények között instabilis, tehát a nyomás megszűntetésekor disszociálna közönséges ammoniára és hidrogénre, a $2\text{NH}_4 \rightarrow 2\text{NH}_3 + \text{H}_2$ egyenlet szerint. Ezért a fémes ammonia laboratóriumban eddig még nem volt előállítható. Mint láhattuk, a kritikus nyomás

abba a tartományba esik, amelyet tulajdonképpen kísérletileg is ellenőrizni tudunk. Valóban inkább csak technikai akadályai voltak eddig is a fémes ammonia létrehozásának.

Az eddig mondottak során a hőmérséklet szerepét nem vetük figyelembe. Ennek jogosultságát az a körülmény adja, hogy a nyomás a szilárd testek hőtágulási együtthatóját erősen csökkenti, ennek értéke — elméleti megfontolások szerint — a nagy nyomások tartományában 10^{-7} per $^{\circ}\text{C}$ nagyságrendű. Ezek szerint tehát néhány tízezer fok hőmérsékletnövekedés csupán néhány ezrelékkal csökkenti a sűrűséget, a fenti megfontolások érvényét tehát gyakorlatilag nem érinti.

Mindez azzal a következménnyel jár, hogy a bolygók szerkezetének kialakulásában a hőmérsékletnek nincs számottevő szerepe.

Ebből azonban az is következik, hogy a bolygók belsejében fennálló hőmérsékletről igen keveset tudunk, éppen mert az anyag állapotának a hőmérséklettől való viszonylagos függetlensége megnehezíti az erre vonatkozó megfontolásokat. Kizárt dolognak tekintjük azonban azt, hogy például az óriásbolygók belsejében a hőmérséklet 100 ezer fok nagyságrendű vagy annál magasabb lehessen. Ezekben az égitestekben ugyanis a hidrogén, amely — mint látni fogjuk — anyaguk nagyobb részét teszi ki, a nagy nyomás miatt fémes állapotban van, tehát jó hővezető. Ha az óriásbolygók belsejében például az említett magas hőmérséklet uralkodna, a hőenergia feltétlenül igen gyorsan elvezetődne. Pótlásáról pedig a bolygókban szó sem lehetne, hiszen magreakciók nem folynak le és a rádióaktív anyagok mennyisége erre a célra nem elegendő.

A bolygóanyag elfajulásának kérdése

Arról, hogy mi történik az anyaggal a nyomás további fokozása esetén, szintén csupán elméleti megfontolásokkal rendelkezünk. Lényegében a következő fizikai folyamatról van szó. A fémes fázis nem jelenti a molekula-szerkezet teljes „összetörését”, az anyag a fémes fázisban is általában tartalmaz ionokat, melyeket zárt elektronburok vesz körül. A kritikus nyomás elérése csak a külső elektronhéjak szerkezetét befolyásolja, a belsők érintetlenek maradnak. Nagyobb és nagyobb nyomások esetén ezek a belső elektronhéjak is sorra „összetöredeznek”, ennek során az anyag olyanféle változások egész sorozatán megy keresztül, amilyent a fémes változatba való átmenet jelentett.

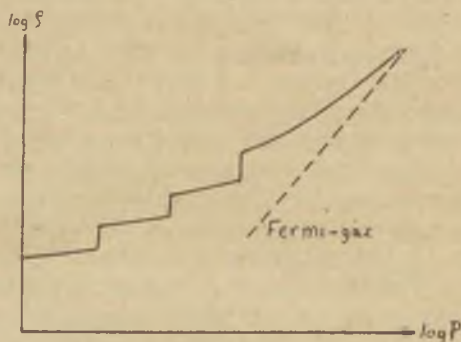
Minden egyes fázisátmenet megnöveli a szabad elektronok számát és a térfogatnak jelentős, ugrásszerű csökkenésével jár. Ezek az átmenetek mindaddig következnek egymás után, amíg valamennyi zárt elektronburok teljesen felbomlik. Ekkor tehát az anyag átalakul atommagoknak és tőlük lényegében függetlenül mozgó nagyszámú elektronnak halmazává. Ez az állapot az anyag elfajulását jelenti.

Fel kell hívnunk a figyelmet arra az igen fontos körülményre, hogy az anyag elfajulása nem csupán abban áll, hogy az elektronok a magokról elszabadulnak és lényegében véve az anyag — az elektronok aránylag nagy száma miatt — elektrongázként tárgyalható. A Nap belsejében például szintén csupán atommagok és elektronok vannak, a Nap anyaga mégsem elfajult. Az elektrongáz ugyanis a Napban és a legtöbb csillagban az ideális gáz állapotában van, a nyomás a hőmérséklettől és sűrűségtől függ, mindkettővel arányos. Ebben, mint rögtön látni fogjuk, a magas hőmérsékletnek van döntő szerepe. Más a helyzet, ha valamilyen anyagot a hőmérséklet lényeges emelése nélkül, pusztán nyomás segítségével, tehát „hidegen” viszünk át a teljesen ionizált állapotba. Ekkor következik be az anyag elfajulása, egy olyan jelenség, melyet a klasszikus fizika nem ismert és amelyet csupán a kvantumelmélet magyaráz meg. A klasszikus elmélet szerint a gáz kinetikus energiája a hőmérséklettel arányos, tehát az abszolút zérus-pontnál maga is zérus lenne. Megváltozik a helyzet, ha tekintetbe vesszük az energia-kvantálást: a gáz diszkrét, nem folytonos energia-állapotoknak végtelen sorozatával rendelkezik, *amelyek csupán üresek, vagy egy atommal betöltöttek lehetnek*. Magas hőmérséklet és kis sűrűség mellett nincs lényeges különbség, amúgy sem következne be gyakran többszörös betöltés, a klasszikus fizika szerint sem, hiszen két betöltött nivå között nagyszámú üres lenne. Ilyenkor erősen ionizált gáz is követi a klasszikus állapotegyenletet, ideális gázként viselkedik. Alacsony hőmérséklet mellett azonban a klasszikus fizika szerint várható viselkedéstől az anyag lényeges eltérést mutat, hiszen az elektronok nem „ülhetnek rá” valamennyien a legalacsonyabb energia-szintekre. Ha ezek már be vannak töltve, az elektronoknak az alacsonyabb hőmérséklet ellenére, szükségképpen a magasabb szintek betöltésére kell fordítaniuk. Az előbbieket alapján tehát azt mondhatjuk, hogy az energia-kvantálás ténye csak akkor befolyásolja lényegesen az elektronok energia-eloszlását — tehát az elektrongáz állapotát —, ha a hőmérséklet alacsony, ha tehát az elektronok a kisebb energiájú nivók körül mintegy „tolonganak”. Így jön

létre az a helyzet, hogy a gáznak az abszolút zérus fokon is lenne bizonyos belső energiája (nullpont-energia).

Makroszkópicusan ez abban nyilvánul meg, hogy az elfajult anyag nyomása — eltérően az ideális gáztól — nem függ a hőmérséklettől, hanem csupán a sűrűségtől, és pedig annak 5/3-adik hatványával változik.

Ez az állapotegyenlet, a teljesen elfajult (degenerált), úgynevezett Fermi-gáz állapotegyenlete érvényes a fehér-törpe csillagok belsejének nagyrésztében. Amikor bekövetkezik a csak nyomás által létrehozott elfajulás és a fentebb említett állapot-



2. ábra

változások sorozata fokozatosan felbontja az elektronburkot, az így létrejött elektrongáz az elektronok közötti elektrosztatikus kölcsönhatás miatt még csak részben lesz elfajult. A nyomás növelésével azonban a sűrűség-nyomás összefüggés egyre jobban megközelíti az elfajult gáz állapot-diagramját. Vázlatosan a 2. ábra mutatja a viszonyokat.

Az eddigiekből láthatjuk, hogy igen magas nyomásokra van szükség ahhoz, hogy az anyagot olyan állapotba hozzuk, ami közelítőleg megfelel a teljesen elfajult anyag, a Fermi-gáz viselkedésének. Kérdéses az, hogy ez a nyomás a bolygók belsejében egyáltalában jelen van-e. Bár a probléma nincs véglegesen eldöntve, az általános felfogás szerint legfeljebb egyik-másik óriásbolygónál következhet be az anyagnak ilyen értelemben vett elfajulása és akkor is csak a tömeg egy kis részét érintheti a centrum környékén. Szokás azonban a bolygóanyagot általában elfajultnak mondani, és pedig abban az értelemben, hogy úgy a bolygóknál, mint a fehér-törpéknél az anyag állapotát elsősorban a nyomás szabja meg, a hőmérséklet szerepe teljesen

alárendelt. Ebben az értelemben szokták a bolygókat és a fehér-törpéket „hideg” égitesteknek is nevezni.*

Szeizmológiai adatok a Föld belsejéről

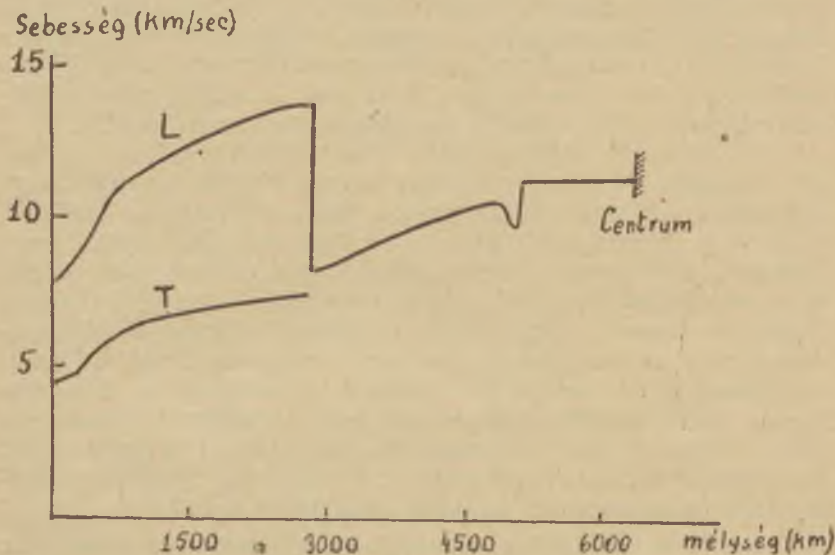
A földrengéshullámok sebességének vizsgálata alapvető jelentőségű felvilágosításokkal szolgál bolygónk szerkezetéről. A szeizmológiai észlelések derítették fel azt a nagyon fontos tényt, hogy a Föld öves felépítésű, az egyes zónák között igen éles elhatárolással. A magyarázat kérdésére, az idevágó különböző hipotézisekre még visszatérünk, most csak a megfigyelés tényei- nek nagyon rövid, vázlatos összefoglalására szorítkozunk.

Az intenzív, nagyenergiájú földrengések hullámai a rengés fókuszától igen nagy távolságra is észlelhetők; a rengés megérkezését a szeizmológiai állomások öniró berendezései jelzik. A földrengés időpontjából és az egyes állomások által jelzett megérkezési időpontokból kielemezhető, hogy milyen úton és milyen sebességgel haladtak a Föld belsejében a rengéshullámok. Ismeretes viszont, hogy szilárd testekben a longitudinális hullámok más sebességgel (gyorsabban) terjednek, mint a transzverzálisak és a hullámok terjedési sebességéből a közvetítő anyag rugalmas tulajdonságai adódnak. A hullámok visszaverődése, törése, sebesség-változása lehetővé teszi azt is, hogy a Föld belsejében esetleges diszkontinuitási felületek létezését megállapítsuk és helyzetüket legalább közelítőleg rögzítsük.

Az ilyen vizsgálatok a geológiai eredményekkel összevetve, a külső rétegek (a köpeny) szerkezetéről a következő képet adják. Mintegy 10 km vastagságú gránitszerű réteg alatt 20 km vastagságú bazaltréteg helyezkedik el, e rétegek sűrűsége 2,7, illetve 3,0. Lejjebb, 3—400 km mélységben nem nagyon éles határfelület következik, ezt nevezik 20°-os diszkontinuitásnak. Az átlagos sűrűség e felület két oldalán 3,3, illetve 3,9. Az elnevezés onnan ered, hogy e felület azzal árulja el magát, hogy a terjedési idő hirtelen megváltozik, ha az állomás a felszínen 20° távolságra van elhelyezve a földrengés fókuszától (pontosabban epicentrumától).

* *Russell* mutatott rá arra az érdekes körülményre, hogy a fenti értelemben vett „hideg” égitestek számára levezethető egy maximális rádiusz, amelyik nem sokkal különbözik a Jupiterétől. Azt mondhatjuk tehát, hogy a Jupiternél lényegesen nagyobb bolygók fizikailag nem lehetségesek. A fehér-törpék szintén kisebbek a Jupiter-méretnél, mégpedig annál kisebbek, minél nagyobb a tömegük.

Nagyon feltűnő diszkontinuitás mutatkozik 2900 km mély-
ségben. Ennél a felületnél a tranzverzális hullámok terjedése
megszűnik, ezek a hullámok nem hatolnak le ennél nagyobb
mélységbe. A longitudinális hullámok sebessége jelentősen meg-
változik, 14 km/sec-ről visszaesik 8 km/sec. A diszkontinuitási
felület annyira éles, hogy 3—4 km pontossággal lokalizálható.
Az a körülmény, hogy a tranzverzális hullámok itt megszűn-



3. ábra

nek, arra mutat: e felülettől befelé — ebben a tekintetben — a
föld anyaga (a mag) folyadékként viselkedik, hiszen a folya-
dékok teljesen deformálhatók lévén, nem továbbítják a tranz-
verzális rezgéseket.

Kisebb méretű törés következik be 5100 km mélységben a
longitudinális hullámok terjedési sebességében (3. ábra). Az
utóbbi időben ezt úgy értelmezik, hogy ebben a mélységben
újabb zóna, az úgynevezett belső mag következik.

A sűrűség menetéről ezek a megfigyelések közvetlenül nem
nyújtanak felvilágosítást, ez azonban, bizonyos kiegészítő fel-
tevésekkel, mégis levezethető belőlük. Egyébként már a Föld ál-
talanos adatai is koncentrációt mutatnak a középpont felé. Erre
utal egyrészt az I/MR^2 hányadosnak, a relatív tehetetlenségi
nyomatéknak értéke (0,3345) és erre utal a Föld közepes sűrű-

ségének a kéreg sűrűségével való összevetése is. (Ismeretes, hogy Földünk átlagos sűrűsége 5,52, mint láttuk a felszíni rétegeké 2—3, amiből valószínűvé válik, hogy a mag sűrűsége 7—8 körül lehet. A sűrűség belső mag feltételezésével még nagyobb, 15 körüli értéket is elérhet a középpont környékén.)

Kézenfekvő az is, hogy a földrengéshullámok terjedéséből kinyomozott diszkontinuitási felületeket a sűrűségugrások helyeként tekintsük. Ez azonban — fontos hangsúlyoznunk — még nem oldja meg a Föld kémiai felépítésének kérdését, hiszen nyitva maradnak az ilyen problémák: milyen anyagok helyezkednek el az egyes zónákban? hogyan változik az összenyomhatóság és a sűrűség az egyes zónákon belül? a diszkontinuitási felületeknél a kémiai összetétel, vagy csupán a fizikai állapot változik? stb. Ezért ma még a Föld belső szerkezetének kérdése nincs végleg megoldva. Néhány erősen különböző hipotézis alakult ki, amelyek mindegyike többé-kevésbé meg tudja magyarázni a Föld „globális” tulajdonságait: méretét, közepek sűrűségét, lapultságát.*

Ezeknek a hipotéziseknek a bemutatásával kezdjük a bolygók szerkezetére vonatkozó feltevések és tények ismertetését.

2. Bolygómodellek

Kereken száz esztendeje, Humboldt „Kosmos” című munkájának megjelenése óta lépten-nyomon hangsúlyozzák, hogy a bolygók két egymástól teljesen eltérő csoportba, a földtípusú és az óriásbolygók csoportjára oszlanak. Láthattuk azt is, hogy ez a szétválás a belső tömegeloszlásban (az I/MR^2 értékekben) is tükröződik. Magától érthetődő tehát, hogy a bolygók két csoportját külön tárgyaljuk. A földszerű bolygók között is külön vesszük magát a Földet, hiszen a szeizmológiai adatok révén összehasonlíthatatlanul többet tudunk bolygónk belsejéről.

A Föld belső szerkezetének problémája

A legelső, fizikailag és geofizikailag tartható elképzelést a Föld belsejéről Wiechert tette közzé 1897-ben. Ez a modell a Földet két részre osztotta, a vas-nikkel-magra, és az ezt körül-

* A Föld egészének rugalmassági tulajdonságait is levezethetjük, a szélességingadozás mentének és a földkéreg árapályának összehasonlításából. Más-más sűrűségeloszlásnál más-más rugalmas tulajdonságokat kapunk, azonban ezek a megfontolások inkább csak ellenőrző kritériumként jöhetnek számításba.

vevő jórészt szilikátokból felépített kéregre. Így egész természetes módon megmagyarázható a szeizmológiailag legfeltűnőbb, 2900 km mélységben elhelyezkedő diszkontinuitás. Akkor úgy látszott, hogy ezt az elképzelést alátámasztja a meteorok összetételének vizsgálata. E modell indoklására olyan közkeletű analógiákra is hivatkoztak, mint például a vasnak és a szilikátoknak gyors elkülönülésére a vaskohókban. A Föld öves felépítése tehát ennek alapján úgy volt magyarázható, mint különböző anyagok fajsúly szerinti differenciálódása, amely a Föld fejlődése során, vagy inkább fejlődésének legelső periódusában, úgynevezett csillagkorában jött volna létre. A belső mag 50 évvel ezelőtt még nem volt ismeretes, a 20°-os diszkontinuitás megmagyarázására később feltételezték, hogy 100—400 km mélységben a kéreganyag kémiai összetétele megváltozik.

A továbbfejlesztett Wiechert-modell (Goldschmidt—Tammán-féle modell) azonos azzal, amelyet az iskolában tanultunk és amelyik a 40-es évek elejéig általánosan elfogadott volt. Ma a helyzet ebben a tekintetben határozottan megváltozott. Ha a kérdés nincs is lezárva, annyit mindenesetre elmondhatunk, hogy a geofizikusok, illetve geokémikusok jó része más modellekhez pártolt. Ezek a modellek — a Wiechert-félével szemben — nem a kémiai összetétel különbözőségére, hanem a nyomás-létrehozta fizikai változásokra vezetik vissza a Föld öves felépítését.

Az új elgondolásoknak mintegy a nyitánya volt *Bernal* nevezetes megjegyzése, melynek során a 20°-os diszkontinuitást kémiai változás feltevése nélkül magyarázta meg. A fizikai folyamatra, amelyre *Bernal* hivatkozott, már utaltunk a nagy nyomások fizikájával kapcsolatban (191. old.). Említettük azt, hogy a magnéziumgermanát a nyomás hatására mintegy 90%-os sűrűsénövekedéssel kristályrácsot vált, hexagonálisból kockarácsba megy át. *Bernal* arra hívta fel a figyelmet, hogy a Föld kérgében igen nagy szerepet játszó olivin a magnéziumgermanáttal izomorf kristályrácsú, tehát feltehetően hasonló sűrűségváltozáson megy keresztül a nyomás hatására, nem is nagy mélységben. Így hát a 20°-os diszkontinuitás megmagyarázható az olivin egy alloptrop módosulatával is.

Teljesen új elgondolást tett közzé *Kuhn* és *Rittmann*, 1941-ben. A 2900 km mélységben elhelyezkedő diszkontinuitást a kémiai összetétel megváltozása nélkül, sőt a sűrűség megváltozása nélkül, igen szellemesen magyarázták meg. E magyarázatot nehéz röviden összefoglalni; lényegében arról van szó: ez a törésselület jelzi azt, hol csökken a Föld belsejében az úgynevezett

relaxációs (felengedési) idő a rengéshullámok rezgésidejének értéke alá. Ha ez bekövetkezik, akkor a földrengéshullám deformáló hatására fellépő feszültség felenged, még mielőtt a feszültség a deformációt közvetítette volna. Így jönne létre az a helyzet, hogy e felülettől befelé a Föld anyaga már folyadék-ként reagál a transzverzális hullámok érkezésére. A 2900 km mélységben elhelyezkedő törésfelület az elmélet szerint tehát csakis a rengéshullámok terjedése szempontjából jelent „törést”, sem a sűrűségben, sem az összetételben itt ugrásszerű változás nincs. A Kuhn—Rittmann elmélet szerint Földünk belseje csaknem egészében „szoláris massa”, tehát vegyi összetétele azonos a Napéval, és ez az összetétel a Föld egész belsejében megmarad.*

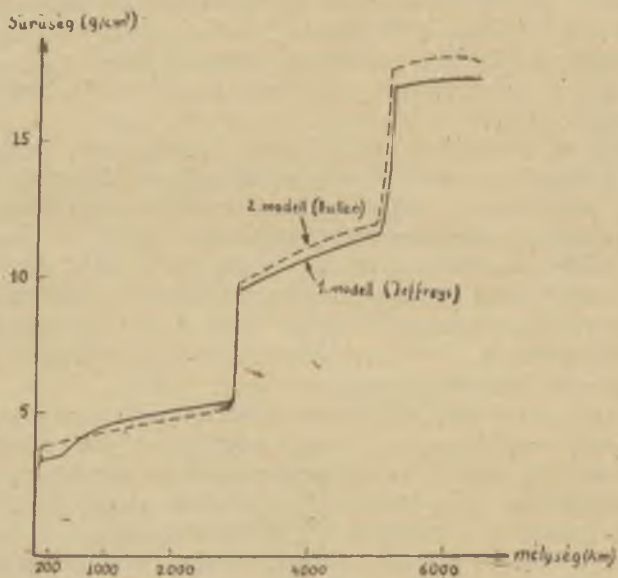
Kuhn és Rittmann elméletüket kozmogóniai megfontolásokkal igyekeztek megalapozni, azonkívül hivatkoztak azokra a valóban jelentékeny nehézségekre, amelyeket újabban a vasmag-hipotézissel szemben emelnek. Ezek között az ellenvetések között talán a legfontosabb az, mely arra utal, hogy a rétegződés, amelyet a vasmag-elmélet megkövetel, túlságosan lassú folyamat és igen hosszú, a Föld koránál nagyságrendekkel hosszabb időtartamokra volna szükség ilyen rendkívül éles elválasztóvonalak létrehozatalához.

Azonban a Kuhn—Rittmann elméletnek is súlyos nehézségekkel kell megküzdenie. Itt kapcsolódik a kérdés tárgyalásába a harmadik, Ramsey-féle elképzelés, mely a nemfém anyagok fém állapotba való átmenetén alapszik. Ha a Föld — mint „szoláris massa” — nagyrészt hidrogénből állana, akkor a hidrogénnek a Föld jó részében fém fázisban kellene lenni. Ez azt jelentené, hogy a Föld közepes sűrűsége még a nagy nyomás tekintetbe vételével sem lehetne 1—1,5-nél több, ebben az esetben tehát a belső részek nagyobb sűrűségét nehezen lehetne magyarázni. Igaz ugyan, hogy a nehezebb elemek „hozzákeveredési” arányát meg lehet úgy választani, hogy a nagyobb sűrűség kiadódjék. Ez az arány azonban erősen eltérne a szoláris massa összetételétől, ami viszont hatálytalanítaná Kuhn és Rittmann kiindulásként felhozott kozmogóniai érveit. További nehézség az, hogy ha a bolygók jórészt hidrogénből állának (és ez, mint látni fogjuk, az óriásbolygóra valószínűleg érvényes is), akkor a nagyobb tömegű bolygók nagyobb nyomása a középpont környékén magasabb sűrűséget hozna létre. Ezzel szem-

* Lásd részletesebben Egyed László „Geofizikai alapismeretek” c. tankönyvében. (Tankönyvkiadó, 1955. 228—230. lap.)

ben ismeretes, hogy a kisebb, földszerű bolygók sűrűsége a nagyobb.

A nehézségek áthidalására Ramsey feltételezte, hogy a külső bolygókkal szemben a belső bolygók, tehát a Föld is, nem állnak túlnyomórészt hidrogénből. A Föld Ramsey szerint is kémialig homogén, de ez nála azt jelenti, hogy a külső rétegek, a köpeny összetétele a Föld középpontjáig megmarad; 2900 km mélységben nem következik be kémiai változás, hanem csupán



4. ábra

valamelyik fő alkotórésznek (valószínűleg az olivinnek) fémes állapotba való átmenete. Nyílt kérdés marad azonban, hogy miért éppen itt maradnak ki a transzverzális hullámok is.

A kémiai összetétellel szemben a sűrűségeloszlást már az eddigi adatok tekintetbevételével is elég egyértelműen, több-kevesebb pontossággal rekonstruálni lehet, figyelembe véve természetesen a relatív tehetlenségi nyomaték értékét is. A 4. ábrán két modellt mutatunk be, amelyeket némileg eltérő módszerek alapján konstruáltak. Amint láthatjuk a sűrűség menete a Föld belsejében a két modell szerint gyakorlatilag megegyezik, a középpont körül 17-ig ér el. A nyomás e modellek alapján a Föld középpontjánál 4 millió atmoszférának adódik.

Ezek az adatok elég megbízhatóak. Szeretnénk azonban még egyszer hangsúlyozni, hogy a sűrűség és nyomás menetének ez a kinyomozása nem jelenti azt, hogy a vegyi összetétel kérdését is véglegesen elintéztük. Ehhez az lenne szükséges, hogy jól ismerjük a különböző anyagok viselkedését egészen a 4 milliós atmoszféra nyomásig. Ettől azonban még nagyon távol vagyunk.

A földtípusú bolygók és a Hold szerkezete

A földtípusú bolygók között, mint azt oldalon szereplő táblázatunkból láthatjuk, a Merkúr tömegére és átmérőjére nagyon is bizonytalan adatunk van, lapultságát sem tudták eddig kimutatni, lassú tengelyforgása miatt ez bizonyára túlságosan kicsi ahhoz, hogy valaha is kimutathassuk. Ilyen körülmények között a legkülönbözőbb, egymástól egészen elütő modellek számításba jöhetnek, gyakorlatilag tehát a Merkúr szerkezetéről semmit nem tudunk.

A Hold, Vénusz és a Mars belső szerkezetére vonatkozó adataink szintén elég bizonytalanok. Mindazonáltal néhány érdekes megállapítást tehetünk és figyelemre méltó, hogy ezek összefüggésbe hozhatók a Föld belső szerkezetének kérdésével.

A Hold szerkezetét *Jeffreys* tárgyalta. Jelentős könnyebbséget nyújt az a körülmény, hogy a Hold relatív tehetetlenségi nyomatéka egészen közel van a 0,4 határértékhez, tehát belső tömegeloszlása alig térhet el az egyenletestől. Ez annyit jelent, hogy a sűrűség a középpont felé csak minimális mértékben növekszik; kizárt dolog, hogy a 3,9 értéket elérné. Mint említettük, ez az az átlagos sűrűségérték, amelyet a 20°-os diszkontinuitás felületétől a 2900 km-es mélységig tételeznek fel. Mint-hogy a Holdnak nyilván nincsen vasmagja sem, feltételezhetjük, hogy anyaga a „földköpeny” anyagával egyező összetételű.

Nehéz mármost azt, hogy a Holdban nincs meg a 20°-os diszkontinuitásnak megfelelő felület, másként értelmezni, mint azzal: a nyomás a kistömegű Hold belsejében nem növekszik meg elegendő módon ahhoz, hogy az olivinnek említett allotróp módosulata létrehozza. Ellenkező esetben ugyanis joggal kérdezhetjük, hogy a 3,9 sűrűségű anyag miért nem szerepel a Hold alkotórészeként. Így tehát a Hold egész tömegének eloszlását úgy képzelhetjük el, hogy a földkéreg legfelsőbb rétegei: a gránitszerű réteg, a bazalt és a (még át nem alakult) olivin építik fel az egész égitestet. A Holdnak ez a modellje tehát összhangban van azzal a feltevessel, hogy a Földben néhány

száz kilométer mélységben fellépő diszkontinuitás fizikai állapotváltozásnak és nem új anyag felléptének felel meg.

A Vénusz és Mars bolygók közül az utóbbi szerkezetét ismerjük jobban.

A Marsot illetően az első kérdés, vajon megvan-e a Földéhez hasonló nagy sűrűségű mag. Bizonyos, hogy a Földhöz hasonló arányban ilyen mag a Mars belsejében nem lehet; ez esetben a bolygó átlagos sűrűsége a megfigyeltnél sokkal magasabb lenne. Ha tehát ilyen magja egyáltalán van a Marsnak, csak kis kiterjedésű és a bolygó szerkezete szempontjából alárendelt jelentőségű lehet.

Másrészt felvethetjük a kérdést, hogy számottevő vas-nikkel mag hiányában nem állhat-e a Mars nagyrészt ugyanolyan anyagokból, mint a Föld külső rétegei. A „kémiai változás” elképzelésével itt ismét nehézségekre bukkanunk. Legtermészetesebb ugyanis feltételezni azt, hogy a Föld külső rétegeit alkotó anyagok, nagyjából hasonló arányban képviselve alkotják a Mars tömegének nagy részét. Ha azonban a számításokat ilyen modellre elvégezzük, azt kapjuk, hogy ez esetben a Mars rádiusza a megfigyeltnél sokkal nagyobb lenne.

Két lehetőség áll tehát előttünk. Feltételezhetjük, hogy a Mars felépítésében e különböző anyagok közül a legnehezebb, mely a Földön a 20°-os diszkontinuitástól befelé található, aránylag sokkal kisebb mennyiségben szerepel. Ezt ugyan nem tekinthetjük kizártnak, mindazonáltal természetesebbnek látszik az a másik feltevés, hogy a Mars egészében ugyanabból az anyagból van felépítve, mint a Föld külső része (tehát gránit-szerű kőzetekből, bazaltból és egy, főként olivint tartalmazó szubsztrátumból), csak hogy a Bernal-féle elgondolásnak megfelelően a bolygó belsejében az olivin a nyomás hatására más kristályszerkezettel van jelen. Minthogy a Mars tömege kisebb, magától érthetődő, hogy ez az állapotváltozás mélyebben következik be, mint a Föld belsejében, 500—1000 km mélységben. Ettől befelé a Mars belseje lényegében homogén. Újabb állapotváltáshoz, fémes fázis létrehozatalához a nyomás legfeljebb egy egészen kisméretű mag peremén elegendő; így magyarázható a Mars viszonylag nagy $1/MR^2$ értéke is.

A Vénusz esetében a kérdés nehezebb, hiszen a tengelyforgást nem ismerjük és így nem áll rendelkezésünkre a tehetlenségi nyomatékra vonatkozó fontos kritérium; csak a Vénusz méreteire és közepes sűrűségére vonatkozó adatokat használhatjuk fel hipotéziseink ellenőrzésére.

Ha feltételezzük azt, hogy a Vénusz ugyanazokból az anyagokból, ugyanolyan arányban épül fel, mint a vas-nikkelmaghipotézis szerint a Föld, akkor a modell túlságosan nagy rádiuszt ad meg. Így ismét két lehetőség áll előttünk. Feltételezhetjük azt, hogy a Vénusz szerkezete a klasszikus, vas-nikkelmag feltevére alapozott földmodellel lényegében megegyezik, de azzal a különbséggel, hogy a mag sokkal kisebb méretű és tömegű. Ez megfelelne annak, hogy a Vénusz átlagos sűrűsége a Földénél kisebb. Kozmogóniai szempontból azonban ez nem nagyon látszik valószínűnek. Két annyira hasonló méretű „iker”-bolygó kialakulásánál, mint a Föld és a Vénusz, lényegében hasonló körülmények szerepelhettek. Legfeljebb a Naptól való kisebb távolság, a napsugárzás erősebb volta miatt azt várhatnánk, hogy a Vénusz nehezebb elemekben a Földnél valamivel gazdagabb; a vasmag-modell azonban ennek éppen ellenkezőjét mutatja.

Célszerűbb tehát — bár a kérdés még nem zárható le — előnyben részesíteni az alternatív feltevést, amelyik a Vénuszt is kémiailag homogén felépítésűnek tartja. Bizonyára a Vénusz belsejében is megvan a 20° -os diszkontinuitásnak megfelelő határfelület, és az anyag egy másik állapotváltása (olivinnek fémes állapotba való átmenete?) szintén; ez utóbbi hozza létre azt a második határfelületet, amelyik a Föld esetében megfelel a 2900 km mélységben elhelyezkedő diszkontinuitásnak. Ez a felület zárná körül tehát a Vénusz magját, amelyik a földinél kisebb kell hogy legyen: a Vénusz valamivel kisebb tömege miatt ez az állapotváltozás is csak nagyobb mélységben következik be.

Összefoglalva tehát, ha döntő érvnek nem is tekinthetjük a Mars és Vénusz szerkezetének vizsgálatát, annyit talán mondhatunk, hogy a Marsra és Vénuszra vonatkozó adatok a földszerkezeti modellek közül leginkább a Bernal—Ramsey-féle elgondolást támasztják alá.

Az óriásbolygók szerkezete

Az óriásbolygók szerkezetéről az első számottevő, átfogó elméletet 1932-ben Lvov tette közzé. Kiindulásként a relatív tehetetlenségi nyomaték értéke vehető, amelyik, mint említettük, az óriásbolygókra közel megegyezik és 0,24 körül van. Ez annyit jelent, hogy a nagy bolygók mindegyikében a sűrűség középpont felé való növekedésének mértéke, a tömeg koncentrációjának foka azonos, vagy legalábbis hasonló. Ennek alapján Lvov feltételezte, hogy az óriásbolygók valamennyien úgyneve-

zett homológ gázgömbök: nyomás, sűrűség stb. azonos törvény szerint változik a rádiusz mentén. Az I/MR^2 értékkel legjobb összhangban olyan modell volt, amelyiknél a sűrűség a középponttól mért távolság második hatványával fordítottan arányos. Ha még feltételezzük azt, hogy a bolygók belsejét gáz alkotja és ez az ideális gáz állapotegyenletét követi, akkor könnyen levezethető, hogy ez esetben a hőmérséklet az egész bolygótestben állandó lenne.

Az óriásbolygók tehát Lvov modellje szerint izotermikus gázgömbök volnának. Ez a modell azonban, bármily jelentős volt szerepe a bolygók szerkezetének elméletében, több szempontból is erősen kifogásolható. Elsősorban az így adódó hőmérsékletek túlságosan magasak, 100 ezer fok nagyságrendűek lennének. Ez azt jelentené, hogy a bolygóknak jelentős mértékben kellene energiát sugározniok. Bizonyos azonban, hogy a bolygókról számottevő, a Naptól független hősugárzás nem indul, amint azt bevezetőben említettük is. További nehézséget jelent az, hogy a Lvov-féle modell a középpontban végtelen sűrűséget, a bolygóra pedig végtelen rádiuszt adna meg, ezek mindegyike fizikailag tarthatatlan követelmény. Megkísérelték ezt a nehézséget oly módon áthidalni, hogy megfelelően megválasztott öves felépítésű gázgömbökként tárgyalták az óriásbolygókat. Ebben az esetben az említett fizikai nehézségek ugyan megkerülhetők, azonban a relatív tehetetlenségi nyomaték minden ilyenfajta modell esetében elfogadhatatlanul kis értéknek adódott.

Végeredményben bizonyosnak tekinthetjük azt, hogy a bolygók nem gázgömbök, a Lvov-féle modell nem tartható, bár az általa javasolt sűrűség-törvény bizonyos esetekben, mint első közelítés, használható.

Néhány évvel később *Wildt* dolgozott ki egy másik modellt. Mindjárt leszögezzük, hogy ma már ez a modell is csupán történeti jelentőségű, és sem szerzője, sem bárki más nem tekinti érvényesnek. Mindazonáltal a *Wildt*-féle proposíció komoly haladást jelentett, mert szakított egyrészt a gáz halmazállapot feltevésével, másrészt „tárgyalási alapként” elfogadható öves felépítést javasolt, összhangban az óriásbolygók színképére vonatkozó megfigyelésekkel. Érdemes tehát megjegyezni, hogy a *Wildt*-modell szerint a legkülső, a színképelemzés számára is hozzáférhető réteg alatt három réteg alkotja az óriásbolygók testét: legkívül 0,25 sűrűségű hidrogénréteg, ez alatt mintegy 1,5 sűrűségű jégréteg, legbelül pedig a mag, mely a földtípusú bolygók feltételezett fémek magjával azonos összetételű és sűrűsége 6 körül van.

A Wildt-féle modellnek csupán ezt a részét tekintik ma is érvényesnek, amelyik a bolygók felszínén levő anyagokra vonatkozik. Úgyszólván bizonyosnak tekinthetjük, hogy ez az anyag nem lehet más, mint hidrogén. Vegyük csak tekintetbe azokat az adatokat, amelyeket a 188. oldalon adtunk meg, a bolygófelszín sűrűségének felső korlátait. Különösen figyelemre méltó a Szaturnuszra kapott érték, amelyik annyira alacsony, hogy az összes ismert szilárd anyagok közül csak a hidrogén és a hélium jöhet számításba. Fel kell tehát tételeznünk, hogy a Szaturnusznak, de bizonyára a többi óriásbolygóknak is legkülső rétegében a hidrogén dominál, és pedig bizonyára „egy darabig” nem-fémes fázisban.

Egy dolgot kell még tisztáznunk, mielőtt továbbmennénk: tekintetbe kell-e vennünk az óriásbolygók szerkezetének vizsgálatánál ezeknek az égitesteknek „kiterjedt” légkörét. *Peek* számításaiból azonban egész világosan az adódott: az óriásbolygók légkörében a nyomás oly gyorsan növekszik, hogy az atmoszférát alkotó gázok meglepő kis mélységben már nagyobb sűrűségűek lesznek, mint szilárd halmazállapotú formájuk. Így a tulajdonképpeni légkör mindössze vékony rétegnek adódik, melynek vastagsága nem haladhatja meg a bolygó rádiuszának még egy százalékát sem, tehát legfeljebb néhány száz km vastagságú. A bolygó többi része valószínűleg szilárd halmazállapotú, esetleg folyadékréteggel borítva. (Lényeges különbséget azonban a felépítés szempontjából nem jelent az sem, hogyha a szilárd anyag sűrűségét elérve a bolygóanyag egy darabig még gázhalmazállapotú maradna, minthogy a fellépő nagy nyomások mellett a gázok a szilárd fázis tulajdonságainak jó részét mutatnák.) Ilyen módon legendának bizonyult az elterjedt nézet, amelyet a legtöbb régi népszerű írásban olvashatunk, az óriásbolygók „mérhetetlen kiterjedésű” atmoszférájáról, mely „a bolygók térfogatának jelentékeny részét teszi ki” stb.

Az óriásbolygók feltűnően alacsony átlagos sűrűsége nyilván arra mutat, hogy a könnyű elemekben, ezek között is elsősorban hidrogénben gazdagok. Ezt igyekeztek már a Wildt-modellek is kifejezni. A hidrogénnek azonban *domináló* szerepét mutatja az a modell, amelyik a fémes állapotba való átmenet alapján épül fel. Ez a modell tekinthető az óriásbolygók legkorábbi elméletének, mely a fizika legmodernebb eredményeit veszi kiindulásnak. Az óriásbolygóknak ezt a hidrogén-modelljét *Ramsey* és tőle függetlenül *Feszenkov* és *Maszejevics* dolgozta ki négy-öt évvel ezelőtt.

Mint hogy a nyomás az óriásbolygókban igen hamar eléri a kritikus 800 ezer atmoszféra értéket, a hidrogén e bolygók nagy részében fémes állapotban van. A kritikus nyomásnál a sűrűség 0,77, ugyanakkor a Szaturnusz átlagos sűrűsége 0,71, a Jupiteré 1,3; ezekből az adatokból is látható, hogy mindkét bolygó felépítését jól megmagyarázhatjuk annak feltételezésével, hogy nagyrészt hidrogénből állanak. Ramsey ki is dolgozta ezeknek az égitesteknek „tisza hidrogénmodelljét”. E modell azt mutatja, hogy a Jupiter belsejében a hidrogéntartalom 76—84 százalékot, a Szaturnusz belsejében 62—69 százalékot is kitehet. Nagyobb pontosságot a modellel egyelőre a megfigyelési adatok valószínű hibája miatt nem érhetünk el. Fel kell tételeznünk mindenesetre azt is, hogy a sűrűség megnövekedése a középpont felé nemcsak annak következménye, hogy a nyomás a fémes hidrogén sűrűségét emeli, hanem annak is, hogy a nehezebb elemek is jelen vannak, (bár, mint látható, sokkal kisebb százalékban) és viszonylagos gyakoriságuk a centrum felé némileg növekszik.

Feszenkov és Maszjevics lényegében hasonló modellt számítottak, azzal a különbséggel, hogy eleve tekintetbe vették a hélium és más „nehezebb” elemek jelenlétét. Ugyancsak ők tekintetbe vették e bolygóknak a gömbalaktól való erős eltérését is. Eredményeik a hidrogéntartalmat illetőleg lényegében megegyeznek Ramsey eredményeivel, az az érdekes körülmény adódott továbbá, hogy a hélium valószínűleg aránylag igen kis gyakorisággal fordul elő ezekben a bolygókban. Ennek a megállapításnak kozmogóniai szempontból van jelentősége: ha feltételezzük, hogy a bolygók a Nappal közös masszából alakultak ki, akkor ilyen módon elérhetjük azt, hogy megállapíthatjuk a Nap eredeti héliumtartalmát, ez pedig a Nap korának újabb megbecslését teszi lehetővé. Egyébként Feszenkov és Maszjevics két modellt dolgoztak ki a Jupiterre. Az egyik esetben a nehéz elemek átlagos atomsúlyát 4-nek, illetve rendszámát 2-nek vették, a másik esetben 6-nak, illetve 3-nak. Mindkét modell szerint mintegy 20 000 km mélységben a sűrűség ugrásszerű megnövekedése következik be — ez lehet a hidrogén fémes állapotba való átmenete. Egy másik ugrás (nehezebb elemekben gazdagabb mag?) e modellek szerint 105 000 km mélység tájékán következik be; a centrális sűrűség az első modell szerint 10,5, a második szerint 17; a centrális nyomás az első szerint 86 millió, a második szerint 100 millió atmoszféra felett van.

Ilyen módon tehát a Jupiter és Szaturnusz összetételéről, belsejük fizikai állapotáról többé-kevésbé határozott képünk

alakult ki. Nem mondható ez az *Uránuszról* és *Neptunuszról*. Ha próbaképpen ezeket a bolygókat is „hidrogén-bolygóknak” tekintjük, az így kiszámolt modellek a sűrűsége nagyságrendnyi eltérést adnak! Ezek szerint biztosra vehetjük azt, hogy ezeknek a bolygóknak felépítésében a víznek, metánnak, ammóniának nagyobb szerepe van, közelebbit azonban e bolygók felépítésének kérdéséről ma még nem mondhatunk. Ehhez további vizsgálatokra van szükség: először is sokkal pontosabban kell megállapítanunk maguknak a bolygóknak adatait, másrészt meg kell állapítanunk az említett anyagok viselkedését igen nagy nyomások mellett (sőt még azt is, hogy hogyan viselkednek esetleges elkeveredésük esetén). Be kell érünk azzal a majdnem semmitmondó megállapítással, hogy ezek a bolygók hidrogénből és vegületeiből épülnek fel.

Kozmogóniai megjegyzések

A bolygók szerkezetének problémája, amint az eddigiekből is láthattuk, távol van a „teljes” megoldástól, de néhány igen fontos részletkérdésben az utóbbi időben jelentős haladás történt. Még nehezebb az eredmények kozmogóniai szempontból való értelmezése. Egy-két szempontot mindenesetre megemlítünk.

A Föld kémiai összetételének újabb elméletei, a homogén földszerkezeti modellek a *Smidt*-féle elméletet támasztják alá, minthogy a homogén modellek összetétele meglepő egyezést mutat a meteoritek ma elfogadott átlagos összetételével (a vas gyakorisága a régebben gondoltnál jóval alacsonyabb). Ha azonban az óriásbolygókat is tekintetbe vesszük, a helyzet megváltozik. Ugyanis a Föld tömegét egységül véve, a Jupiter és Szaturnusz együttes tömege 413, az összes többi bolygóé együttvéve nem egészen 34. Tekintettel erre, az egész bolygórendszer kémiai összetételének vizsgálatánál az említett két bolygó reprezentálja a legjobban a helyzetet. Márpedig ezeknek az égitesteknek nagy része, 60—80%-a hidrogén. Az összes bolygót tekintetbe véve tehát a bolygórendszer anyagát a „szoláris masszához” elég közelállónak találjuk, azzal a kozmogóniai szempontból érthető esetleges különbséggel, hogy a hélium gyakorisága viszonylag csekély. Ez az adat inkább amellet szól, hogy a bolygók a Nappal közös masszából, vagy esetleg magából a Napból keletkeztek: a földszerű bolygók kis tömegük miatt később hidrogénben elszegényedtek.

A kérdést azonban itt nem zárhatjuk le, mert ha elvetjük a kaptációs elméleteket, szembetaláljuk magunkat az impulzusnyomaték paradox eloszlásából eredő ismert nehézséggel.*

A „vasmag” kérdése más szempontból is érdekes a kozmogónia számára. Ha ugyanis a nehezebb elemek erős koncentrációt mutatnak a bolygók középpontja felé, ez mindenesetre arra utal, hogy a bolygók valamilyen gyarapodási folyamat révén keletkeztek. A kezdetben kis tömegű, gyarapodó bolygómag ugyanis a könnyebb elemeket nyilván nem tudta megtartani, mert ehhez az kell, hogy a bolygótömeg gyarapodása során bizonyos értéket elérjen. Így a gyarapodási folyamat esetében azt kell várnunk, hogy a könnyebb elemek főképpen a külső rétegekben, a nehezebb elemek pedig a bolygó legrégebb, középpont környéki részeiben szerepelnek. (E szemlélet szerint tehát a „vasmag” nem annyira utólagos gravitációs differenciálódás, hanem inkább a bolygók kialakulása során, „menet közben” jött létre.) Ha tehát véglegesen bebizonyosodik, hogy a bolygók kémiaiilag sokkal homogénebbek, mint régen gondolták, ez ismét ellene szólna a Smidt-elméletnek, általában minden olyan elméletnek, amely a bolygók kialakulását gyarapodási folyamatként képzei el.

Nagyon helytelen volna azonban, ha mindebből máris levonánk azt a következtetést, hogy a bolygók szerkezetének vizsgálata „megcáfolta” a Smidt-elméletet, vagy: „bebizonyosodott”, hogy a bolygók a Nappal közös őanyagból születtek stb. Legfeljebb azt a következtetést vonhatjuk le, hogy a bolygószerkezetek kutatásánál felmerült újabb szempontok ismét nagyobb súlyt adnak az olyan kozmogóniai elméleteknek, melyek a bolygók és Nap egyidejű létrejöttét tételezik fel. Természetes azonban, hogyha adataink tökéletesbednek, akkor ez hatással van a rájuk alapozott kozmogóniai elméletekre is — éppen ebben áll a kozmogónia fejlődése.

Herczeg Tibor

* Lásd például Földes István referátumát a kozmogóniai elméletekről, az 1953. évi Csillagászati Évkönyvből.

A CSILLAGHALMAZOK FEJLŐDÉSE

A kérdést általánosságban is felvethetnénk. Beszélhetnénk a csillagok fejlődéséről általában. Azonban taláломra kiszemelt egyes csillagok fejlődését „végigvárni” képtelenek vagyunk, hiszen hosszú évmilliárdokról van itt szó. Ezért a következő — a csillagászatban mindennapos — „mesterfogáshoz” folyamodunk. Kihasználjuk azt a lehetőséget, hogy egyszerre sok csillag megfigyelése és tanulmányozása áll módunkban. Ezeket a vizsgálandó csillagcsoportokat pedig mindig az illető problémának megfelelően választhatjuk meg. Esetünkben például olyan csillagokat szemelhetünk ki, amelyekről feltehető, hogy „együtt” keletkeztek. Így joggal várható az, hogy a csillagcsoportok bizonyos tulajdonságaiból a hozzájuk tartozó csillagok fejlődésének módozataira következtethetünk. Kiválaszthatunk azonos fizikai körülményeket mutató csillagokat is, amelyekről ennek alapján feltehető, hogy a fejlődés azonos szakaszában vannak, így tanulmányozásuk az adott fejlődési szakaszra vonatkozóan nyújthat ismereteket.

A felsorolt szempontoknak megfelelő csillagcsoportok lehetnek például a galaktikai, illetve gömbhalmazok csillagai és bizonyos fajta változócsillagok, az RR Lyrae típusú csillagok.

A csillagokon végbemenő fejlődésszerű változások — nyilván — szoros összefüggésben állanak a csillagok belsejével, belső szerkezetével. Azonban a belső szerkezet, a csillagok belseje nem figyelhető meg közvetlenül. Így egyrészt elméleti megfontolásokra, a csillagok belső szerkezetének elméletére vagyunk utalva, másrészt közvetlen észlelési tényekként a galaktikai, illetve gömbhalmazok Hertzsprung—Russell-diagramjai állnak rendelkezésünkre. (A továbbiakban a H—R rövidítést alkalmazzuk.) Az RR Lyraeek esetében pedig a periódus változásában mutatkozó egyirányú fejlődésszerű változások tanulmányozása nyújthat legelőször megbízható adatokat, hiszen a periódus hossza határozható meg a legpontosabban, sokkal pontosabban, mint a csillagok bármely más jellemző adata.

Vegyük sorra tehát a belső szerkezet, a halmazok H—R diagramjai és az RR Lyraek periódus változásaira vonatkozó olyan eredményeket, amelyek a fejlődés egyes kérdéseinek megoldásához szolgáltatnak támpontokat.

Az elméleti asztrofizika, csakúgy mint a többi elméleti természettudomány, „modellekkel” igyekszik megközelíteni a valóságot. A valóság a maga sokrétűségében igen bonyolult. A lényeges, alapvető tulajdonságokat ruházzuk csak át modellünkre, vigyázva arra, hogy egyszerűsítéseink folytán modellünk ne váljék a valóság durván meghamisított torzképévé, de elég egyszerű legyen ahhoz, hogy hozzáférhessünk eszközeinkkel.

Az elméleti asztrofizika csillagmodelljei — lényegében — aszerint írják le jól vagy kevésbé jól a valóságot, hogy miként választottuk meg a modell kémiai összetételét, nevezetesen a hidrogén hélium és a nehéz elemek viszonylagos mennyiségét, amit úgy is fogalmazhatnánk, hogy ezzel a módszerrel — egyebek között — a csillagok belsejének kémiai összetételére kapunk adatokat.

Ha a tömeg adott, és a kémiai összetételt valamiképpen megválasztottuk, akkor a fizika törvényeire támaszkodva elméleti úton „kiszámíthatjuk” a „modell” belsejében uralkodó fizikai viszonyokat, meghatározhatjuk belső szerkezetét. Az elméletből kiadódik a modell átmérőjére és fényességére is egy érték. *A csillagokra vonatkozóan ezek az adatok, észlelések útján nyerhetők. Ha ezek a mennyiségek megegyeznek, akkor mondhatjuk azt, hogy a modell belső szerkezete is — legalábbis lényeges vonásaiban — jól egyezik a valódi csillag belső szerkezetével.*

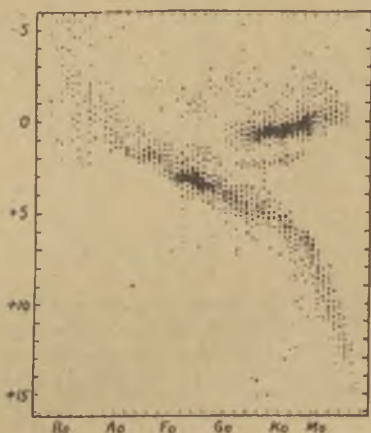
Az első úgynevezett homogén modell egyéb lényeges feltevés mellett, *azon a feltevésen nyugszik, hogy a kémiai összetétel egy csillag belsejének minden pontjában azonos.* A csillag energiáját két láncreakció termeli. Mindkettő lényege az, hogy a reakció folyamán hidrogén héliummá alakul, és eközben óriási mennyiségű energia válik szabaddá és sugárzódik ki. Mindkét reakció megindulásához magas hőmérséklet szükséges, ezért ezek a reakciók a csillag középponti részén mennek végbe.

Röviden szólva a csillagok energiáját olyan folyamatok termelik, amelyek a csillag középponti részein játszódnak le és a hidrogént héliummá alakítják.

Ez a modell jól egyezik a H—R diagram főága mentén elhelyezkedő csillagokkal. Interpretálható közvetlenül a fejlődés szempontjából. Ha a csillagok a csillagközi térben elhelyezkedő por- és gázködök sűrűségeiből keletkeznek, akkor feltehető, hogy kémiai összetételük az egyes csillagokon belül állandó.

Innen arra a következtetésre juthatunk, hogy a főág csillagai fiatalok abban az értelemben, hogy még nem telt el keletkezésük óta elég idő ahhoz, hogy az energiatermelés láncreakciói a kémiai összetételt a csillagon belül lényegesen megváltoztassák.

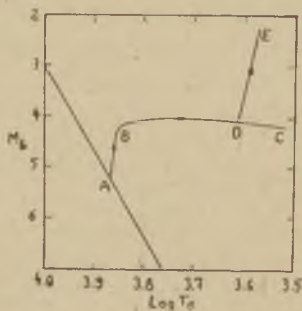
Azonban az energiatermelés előbb-utóbb a kémiai összetétel megváltozására vezet, hiszen a középponti részben lejátszódó magreakciók héliumot termelnek a hidrogén rovására.



1. ábra. Ismert távolságú csillagok Hertzsprung—Russell diagramja. Az ábra bal felső sarkából a jobb alsó sarka felé tartó ág a főág. Az $M_v = 0$ mentén a jobb felső részben a vörös-óriás ág húzódik. A bal alsó sarokban helyet foglaló csillagok a fehér-törpék. (K. O. Wright cikkből).

Az első lépéseket abban az irányban, hogy az eredetileg homogén kémiai összetételű csillagok fejlődése az inhomogenitás felé miképpen történik, Schönberg és Chandrasekhar tették meg. Kimutatták, hogy miközben a csillag belső „magja” fokozatosan héliummá alakul, a csillag egyre nagyobb és ennek következtében fényesebb lesz. Ha a mag egész hidrogénkészlete kimerült már, akkor a mag nem termel több energiát. Az energiatermelés eközben a magot körülvevő vékony réteg hidrogénkészletéből táplálkozik. Ez a héj a magot állandó hőmérsékleten tartja. Amint a hidrogén belülről kifelé haladva fokozatosan felhasználódik, az állandó hőmérsékletű, héliumból álló mag tömege egyre nő. Ez a folyamat addig tart, míg a mag tömege el nem éri a csillag össztömegének 12%-át. Ez alatt a csillag egy magnitudóval fényesebb és 1,7-szer nagyobb lesz, mint eredetileg volt, de felületi hőmérséklete ezalatt állandó.

Ezt a fejlődési szakaszt a 2. ábra A—B közötti része szemlélteti. A jelöli az eredetileg homogén állapotot a főágon. A csillag fejlődését a B ágon túl Sandage és Schwarzschild vizsgálták. Azt mondják, hogy a csillag eddig állandó hőmérsékletű magja a B pontot elérve összehúzódni kezd, amitől fölmelegszik. Ugyanakkor a csillag a maga egészében igen gyors ütemben egyre na-



2. ábra. Az ABDE görbe a Sandage Schwarzschild modellnek megfelelő elméleti fejlődési vonalat szemlélteti a csillagok Hertzsprung—Russell diagramjában. A főágot az A ponton keresztülhaladó egyenes ábrázolja. M_b az abszolút bolometrikus magnitudo $\text{Log } T_e$ az effektív hőmérséklet logaritmus. (I. B. Oke cikkéből).

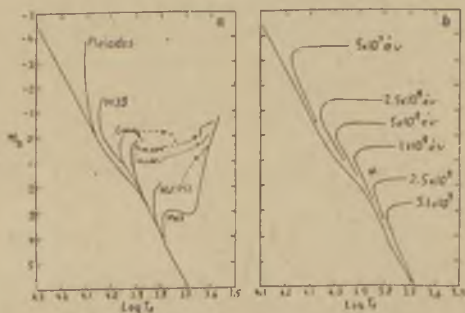
gyobb és hidegebb lesz (B—C). Továbbá rámutatnak arra, hogy mielőtt a csillag elérné a C pontot, középponti hőmérséklete elérhet olyan magas értéket, hogy a hélium szénre alakulhat, ami egy újabb energiaforrást jelent. Ha ez bekövetkezik, akkor ahelyett, hogy a csillag a C felé haladna, fokozatosan fényesebb lesz és E felé megy a diagramban.

Jelenleg az elméleti munka nem megy túl az elmondottakon. Az itt vázolt fejlődési folyamat is igen bizonytalan a B ponton túl. Más inhomogén modellek is szerepelnek a belső szerkezet elméletében. Ezek közül talán a legelfogadhatóbbat ismertettük. Mindenesetre azt mondhatjuk, hogy az elméletből a csillagok fejlődésére vonatkozóan azt a következtetést vonhatjuk le, hogy a fejlődés a főágból kiindulva felfelé az óriás ág irányában folytatódik.

Vizsgáljuk meg az említett H—R diagramokat, hogy mennyiben támasztják alá az elméletet.

A 3a. ábra mutatja néhány galaktikai halmaz észlelések alapján nyert sematikus H—R diagramját. A 3b. ábra pedig a főágból származó csillagcsoportok elméleti H—R diagramjait ábrázolja, feltéve azt, hogy az egyes csillagcsoportokon belül

a csillagok ugyanakkor válnak ki a főágból és az elmélet által megszabott közös fejlődési folyamaton mennek keresztül. Az elmélet szerint a „fordulóponttól” — mint említettük, igen rohamos a fejlődés, ami úgy mutatkozik meg, hogy a fordulópontot követő szakaszon az észlelt H—R diagramokba igen kevés csillag tartózkodik, létrejön az úgynevezett H—R ür.



3a. ábra. Néhány galaktikai halmaz sematikus Hertzsprung—Russell diagramja, feltéve, hogy minden halmaz leghalványabb csillagai a főágra esnek, amelyet a balra haladó vonal ábrázol (I. B. Oke cikkéből)

3b. ábra. A Sandage—Schwarzschild elméleti modell felhasználásával készült elméleti Hertzsprung—Russell diagramok olyan halmazokra, amelyeknek a korát az ábra feltünteteti, feltételezve, hogy a csillagok a főágon keletkeztek, amelyet a balra tartó vonal szemléltet (I. B. Oke cikkéből)

Látható az ábrák összevetéséből, hogy az M39, Coma Berenices, Praesepe a Hyadok és az NGC 752 halmazok észlelt H—R diagramja alakjára nézve igen hasonló az elméleti diagramokhoz és valóban mutatkozik az elmélet által megjósolt H—R ür, közvetlenül a fordulópont után.

A Pleiadok és az M67 észlelt H—R diagramja viszont eltérést mutat, ami arra enged következtetni, hogy e halmazok csillagait nem közelíthetjük minden további nélkül a fenti modellel.

A Pleiadok esetében arra hivatkozhatunk, hogy csillagainak tengelyforgása gyors. Ez keveredést okoz a csillag anyagában és így nem alakulhat ki a fenti belső szerkezet.

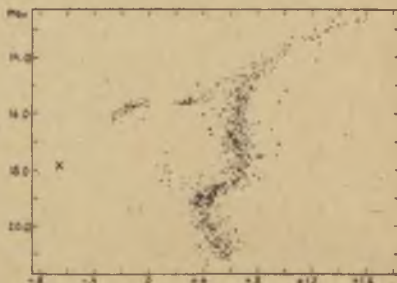
Az M67 diagramjánál a főág közelében kitűnő az egyezés, de mind az elméleti, mind a többi halmaz diagramjától erősen eltér abban, hogy nyoma sincs a H—R úrnek. Ez arra enged következtetni, hogy olyan halvány csillagokra, mint az M67 csillagai, a fenti elmélet már nem alkalmazható.

Ugyancsak erős eltérés található a gömbhalmazok H—R diagramja esetében is. Ezek a diagramok igen hasonlóak az M67 diagramjához. Itt sem lép fel az említett H—R úr.

Tekintettel arra, hogy olyan elmélettel nem rendelkezünk, amely a csillag egész életfolyamatát leírná, sőt a fentiekben vázolt elmélet is csak a 2. ábra B pontjáig megbízható, így eltérünk az eddig követett gondolatmenetünktől. A továbbiakban nem a fejlődés módozataiból igyekszünk a H—R diagramot



4a. ábra. M92 gömbhalmaz Hertzsprung—Russell diagramja (H. C. Arp W. A. Baum, és A. R. Sandage cikkéből).



4b. ábra. M3 gömbhalmaz Hertzsprung—Russell diagramja (A. R. Sandage cikkéből).

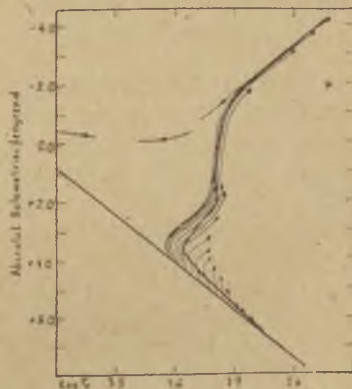
értelmezni, hanem a H—R diagram tanulmányozása alapján igyekszünk következtetéseket levonni a fejlődés módozataira vonatkozóan. Ezt a módszert Sandage alkalmazta az M3 diagramjával kapcsolatban. Azzal a feltevással élt, hogy a csillagok fejlődése csak a B pontig történik az elméletnek megfelelően, vagyis a csillagok kiindulva a főágból, eredeti felülethőmérsékletük megtartása mellett egy magnitudoval fényesebbek lesznek, majd hűlnek és „felfúvódnak” (ennek következtében fényességük tovább nő, míg el nem érnek az 5. ábrán szemléltetett diagram jobb felső sarkába. Itt már szinte az egész hidrogénkészletük felhasználódott). A csillag ezután összezsugorodva, hőmérsékletét növelve balra lefelé, majd a vízszintes ágon a 0 abszolút magnitudo közelében áthalad a főágon és igen forró és kicsiny fehér törpecsillaggá alakul, amely hidrogént már nem tartalmaz (4b. ábrán az x-szel jelzett vidék).

Összegezve az elmondottakat, a következő megállapításokat tehetjük:

A Napnál kb. egy magnitudoval fényesebb főági csillagok — ilyenek a gömbhalmazok és az M67 csillagai — fejlődése úgy

megy végbe, hogy a csillag a főágból kiindulva fokozatosan fényesedik kb. egy magnitudót, azután növekszik az átmérője és egyre „hidegebb” lesz mindaddig, míg el nem éri eredeti átmérőjének mintegy hússzorosát. Azután összezsugorodik, áthalad a főágon, igen „forró” kis csillag lesz és végül fehér törpévé alakul.

A nagyobb tömegű, eredetileg A színképtípusú csillagok fejlődése kevésbé tisztázott. A Praesepe és a Hyadok csillagainak alapján arra következtethetünk, hogy ezek a csillagok kiin-



5. ábra. A vastag vonalak sematikusán ábrázolják a főágot, illetve a M3 Hertsprung—Russell diagramját. A vékony vonalak az egyes csillagok fél empirikus fejlődés görbéit szemléltetik (A. R. Sandage cikkéből)

dulva a főágból, egy magnitudoval növelve fényességüket, gyors ütemben haladnak jobbra a H—R diagramban. Amikor átmérőjük 8—10-szeresére nőtt, valamilyen folyamat, esetleg a hélium szénre alakulása fékezi a csillag „fölfúvódásának” sebességét, ezután a csillag lassan növeli fényességét. Ezeknek a csillagoknak a fejlődését, sajnos, a továbbiakban nem tudjuk figyelemmel kísérni. Egyesek szerint szinte ugyanúgy folyik a fejlődés ezek után, mint a gömbhalmazok esetében. Ezeknek a kérdéseknek a tisztázására még számos csillagokban gazdag galaktikai halmazt kell tanulmányozni.

Az eddigiekben elmondottuk azt, amit a belső szerkezet elmélete és a halmazok H—R diagrammjainak vizsgálata alapján eddig a csillagok fejlődésére vonatkozóan nagy vonalakban megállapítható volt. Térjünk most át az RR Lyrae állapot fejlődésére vonatkozó következtetések ismertetésére. Ezt azért tartjuk különösen fontosnak, mert ha itt sikerül a fejlődés menetét ki-

deríteni, ez egyrészt — a már említett okok miatt feltétlenül megbízható lehet —, másrészt esetleg a fejlődés irányát ismerve a különböző gömbhalmazok RR Lyrae csillagainál mutatkozó morfológiai különbségeket fejlődésbeli különbségekként interpretálva, komoly támpontokat nyerhetünk az előbb ismertetett, kissé merésznek tűnő megfontolások értékének megítélésében.

Természetesen az RR Lyraek periódusváltozásaiban sem könnyű feladat a sejtett egyirányú fejlődésszerű változásokat kimutatni. Hosszú időre kiterjedő pontos észlelési anyag kell hozzá és még akkor is nehéz a periódus változásában megbízhatóan kimutatni a tendenciát, hiszen a periódus periodikusan is változhat.

Az említett nehézségek ellenére a szabad (nem gömbhalmazbeli) RR Lyrae csillagokra vonatkozó, 25 évnél hosszabb igen pontos és homogén budapesti észlelések alapján Detre László arra az érdekes eredményre jutott, hogy az *RR Lyrae csillagok erős tendenciát mutatnak a periódus növekedésére*. A periódus növekedésének értéke átlagban 2 másodperc évszázadonként, és ez a gömbhalmazok RR Lyrae csillagaira vonatkozóan azt jelenti, hogy a periódus gyakoriság egy halmazon belül már néhányszor 10^5 év alatt lényegesen megváltozik.

A továbbiakban röviden ismertetjük Detre László ide vonatkozó észrevételeit és következtetéseit.

A 6. ábra szemlélteti a szabad és 14 különböző gömbhalmazban levő RR Lyrae csillag periódus-amplitudó relációját. A halmazok a bennük levő RRc csillagok arányszáma szerint következnek egymásután az ábrán. (Az RR Lyrae csillagokat fénygörbéjük alakja szerint két csoportra osztjuk, az RRa csillagok fénygörbéjét meredek felszállóág és meneteles leszállóág jellemzi, az RRc csillagok fénygörbéje szimmetrikus.)

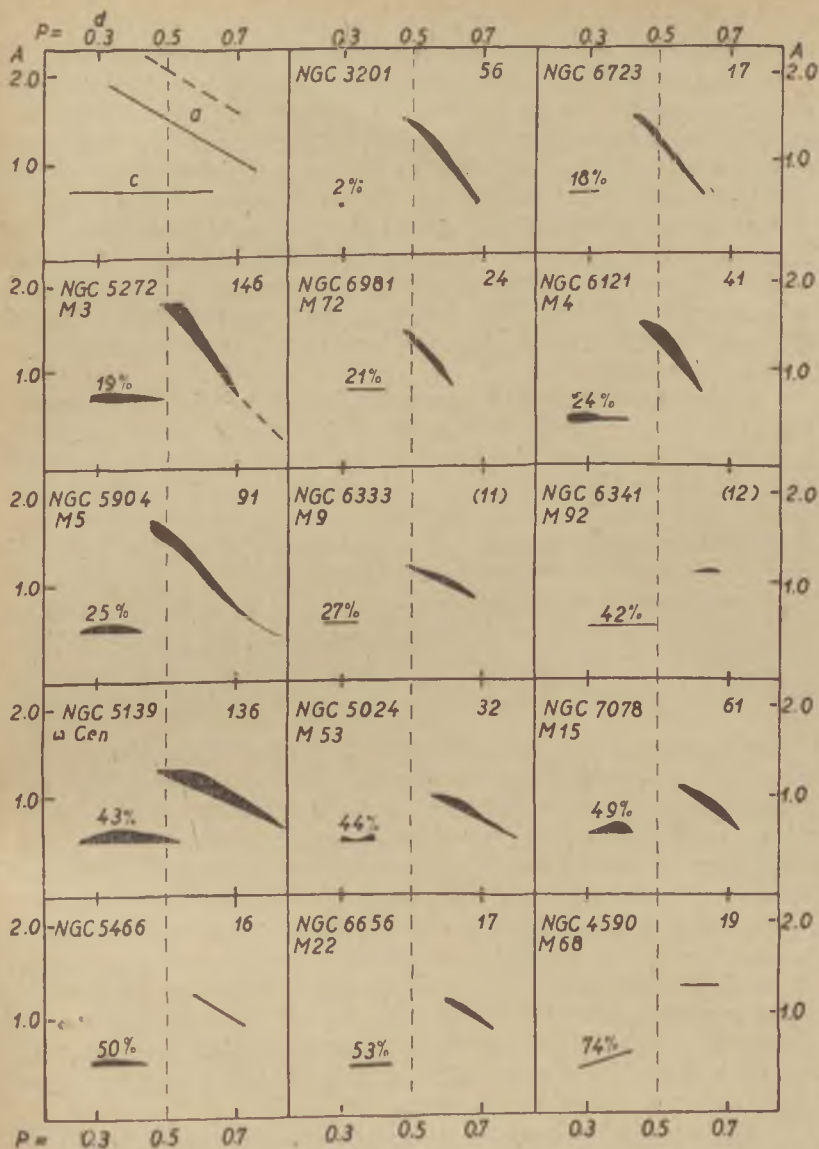
Az ábrával kapcsolatban Detre a következő észrevételeket teszi:

A gömbhalmazokban nincsenek olyan RRa csillagok, amelyek periódusa $0^{\text{h}}31$ és $0^{\text{h}}44$ közé esik.

Az RRc csillagok százalékának növekedésével növekszik az RRa csillagok közepes periódusa

Az RRc csillagok számának növekedésével csökken az RRa csillagok ágának meredeksége.

Tekintetbe véve a periódus növekedésére vonatkozó eredményt és feltételezve azt, hogy az RR Lyrae csillagok fejlődése minden halmazban ugyanúgy megy végbe, az ábrát Detre a következőképpen interpretálja fejlődési sémaként,



6. ábra. A szabad (fent baloldalt) és a gömbhalmazokban levő RR Lyrae-csillagok sematikus periódus-amplitudó relációja. Minden halmaznál feltüntettük az NGC számot, a csillagok százalékszámát és a halmazban levő ismert periódusú változók számát. A vonalzélesség arányos a csillag gyakoriságával. Az ultrarövid periódusú csillagok nincsenek feltüntetve (Detre László cikkéből)

Valamely halmazban először az RRa csillagok fejlődnek ki és miután az RRa ág teljesen kialakult, azután keletkeznek csak az RRc csillagok. Mégpedig az az állapot, amelynek folyamán az RRa ág a $P = 0^d,31$ -ig kiterjed, rövid ideig tart és így a $0^d,31 - 0^d,44$ periódus intervallumból a periódus növekedése következtében a csillagok igen gyorsan, néhányszor 10^5 év alatt el is tűnnek (a rövidperiódusú RRa csillagok periódusa, tekintettel arra, hogy amplitudójuk kicsiny, igen stabilis, nem mutat változást), de rögtön adódik a második észrevétel magyarázata is. A gyorsan kifejlődött RRa ágban azalatt, míg az RRa csillagok fokozatosan kifejlődnek, a periódusok növekedése következtében a közepes periódus nő.

Könnyű értelmezni a harmadik észrevételt is. Azok az RRa csillagok, amelyeknek az „amplitudója” kisebb és a periódusa hosszabb, „lassabban” haladnak a periódusnövekedés és amplitudócsökkenés következtében jobbra lefelé a diagramban, mint azok, amelyeknek az amplitudója nagyobb és periódusa rövidebb. Ezért azután az RRa ág meredeksége idővel (az RRc csillagok számának növekedésével) csökken.

Detrének az a következtetése, hogy a gömbhalmazokban először az RRa ág, tehát a hosszúperiódusú RR Lyrae csillagok fejlődnek ki, teljes összhangban van Kukarkin professzor hasonló értelmű megállapításával, amelyre a következő módon jutott.

Általánosan elfogadott nézet volt, hogy II. populációs csillagok már nem képződnek. Kukarkin 1952-ben rámutatott olyan jelenségekre, amelyekből arra lehetett következtetni, hogy RR Lyrae csillagok most is keletkeznek a gömbhalmazokban. Ezt a megállapítását a pulkovói változócsillag konferencián újabb tényekkel támasztotta alá. Megállapította egyrészt azt, hogy a II. populációs Mira csillagok (hosszúperiódusú változócsillagok) túlnyomó részben csoportokban foglalnak helyet, másrészt viszont sebességeik olyanok, hogy ezek a csoportok egymillió évnél tovább nem lehetnek együtt. Ebből azonnal levonható az a következtetés, hogy egy csillag Mira állapotban nem lehet egymillió évnél tovább. Minthogy Mirákat a gömbhalmazokban is találunk, ezért ezek ott keletkeztek.

Olyan gömbhalmazokban viszont, amelyekben Mirák fordulnak elő, vagy egyáltalán nincs RR Lyrae csillag, vagy ha van, akkor periódusa hosszú, tehát rögtön adódik Kukarkin következtetése, hogy az RR Lyrae a gömbhalmazokban a fejlődés későbbi stádiumában jelennek meg, mégpedig először $0,7$ periódusal, ami egyezik Detre előbb említett eredményével.

Látjuk az itt elmondottakból, hogy a csillagászat különböző területein született eredmények miként szolgáltatnak támpontokat a csillagok fejlődési folyamatainak tanulmányozása számára. Látjuk azt is, hogy a probléma végleges megoldása még messze nem áll módunkban, de a csillagászat fejlődésével fokról fokra haladva egyre közelebb jutunk ennek a fogas-kérdésnek a tisztázásához is.

Ozsváth István

A VÁLTOZÓCSILLAGOK MODERN PROBLÉMÁI*

Katalógusok, efemeridák, útmutatók

A Sternberg Csillagászati Intézet munkatársai karöltve a Szovjetunió Tudományos Akadémiája Csillagászati Tanácsának munkatársaival, Moszkvában összeállították és kiadták a „Változócsillagok általános katalógusának” (első kiadás 1948) negyedik, ötödik és hatodik kiegészítő kötetét. Ezek a kiegészítő kötetek 105, 70, illetve 285 újonnan bejelölt változócsillagra vonatkozóan tartalmaznak tájékoztatásokat, valamint 613, 324, illetve 343 korábban megjelölt változócsillagra szolgáltatnak pontosabb adatokat. Előkészületek történtek a hetedik kiegészítő kötet kiadására, amely körülbelül 200 újonnan megjelölt változócsillagról fog tájékoztatással szolgálni és néhány száz korábban felfedezett változóra ad meg pontosabb adatokat. Nagy és fáradtságos munka indult meg a „Változócsillagok általános katalógusa” második kiadásának előkészítésére. Ez a katalógus 14 000 változócsillagra vonatkozóan tartalmaz majd ellenőrzött adatokat. A segédtablázatokkal együtt a katalógus terjedelme több mint 800 oldalra rúg. A katalógus új kiadásának alakjára vonatkozó javaslatokat és indítványokat a kommisszió dublini ülésein vitatjuk meg.

A beszámolási periódus fontos eseménye volt a „Változócsillagok története és irodalma” harmadik kötetének a megjelentése, amelyet dr. H. Schneller állított össze (Potsdam, Németország). Ez a kötet az IAU 1952-es római közgyűlése előtt jelent meg, de nem történt említés róla sem a 27-es kommisszió elnöké-

* Ez a közlemény a Nemzetközi Csillagászati Egyesület (a továbbiakban IAU rövidítést alkalmazunk; az angol név megfelelő kezdőbetűi) változócsillagok komissziója elnökének, B. V. Kukarkin professzornak az IAU dublini kongresszusán tartandó beszámolója a változócsillagok vizsgálatának területén folyó legújabb munkákról, azok eredményeiről, és a közeljövő kutatási terveiről.

Fordította Oszváth István.

nek előző beszámolójában, sem a kommisszió üléseinek anyá-gában. A harmadik kötet tartalmazza 1916-tól 1950-ig minden olyan változócsillagnak az irodalmát, amely az Oriontól a Vulpe-culaig terjedő csillagképekbe tartozik és 1930-ig fedeztek fel és jelöltek meg. Dr. H. Schneller egy kiegészítő kötet összeállításán dolgozik, amely tartalmazni fogja az összes olyan csillag történetét és irodalmát, amely a már megjelent három kötetben, illetve R. Prager professzor által 1941-ben kiadott kötetben szerepel (H A 111). Így minden olyan csillagnak 1954-ig terjedőleg össze lesz állítva a története és irodalma, amelyet 1938-ig neveztek el. Ezt a kiegészítő kötetet 1955 első negyedében adják nyomdába. Dr. Schneller a további munkára vonatkozó elgondolásait a kommisszió dublini ülésein vitatják meg.

A kazáni egyetemi csillagvizsgáló intézet, úgy mint azelőtt, kiadja a fedési változók évi efemeriseit.

Dr. F. B. Wood 1953-ban kiadta a „Vezérlista a fedési változók észlelői számára” c. kiadványt.

Igen fontos katalógust és bibliográfiát állított össze dr. W. P. Bidelman az emissziós vonalakkal rendelkező késői B színképtípusú csillagokról (Ap J Suppl No. 7. 1954).

Folytatódik a változócsillagok vizsgálatának területére eső speciális folyóiratok és cirkulárok kiadása. A Szovjetunió Tudományos Akadémiája kibocsátotta a „Változócsillagok” folyóirat 11 számát összesen kb. 1000 oldal terjedelemben. A Változócsillagészlelők Amerikai Szövetsége rendszeresen kiadja a csillagok észleléseit. Szintén rendszeresen jelennek meg az Új-Zélandi Csillagászati Egyesület változócsillag szekciójának észlelései. Kevésbé rendszeres a „Bull. de l'Association Française des observateurs d'étoiles variables” megjelenése.

Érdekes anyagot ad M. Petit a „Documentation des observateurs” (institut d'Astrophysique de Paris) c. kiadványban, amely tájékoztató jellegű adatokat nyújt a változócsillagokról és közli a változók környezetének térképeit.

A változócsillagok fotografikus megfigyelései

A változócsillagok fotografikus észlelése és új változócsillagok felfedezésének az a módszere, hogy az égnek ugyanazon részéről két különböző időben készült felvételt összehasonlítunk, még hosszú ideig alapvető módszere marad a változócsillagok felfedezésének és tanulmányozásának. A változócsillagok tömeges vizsgálata, amely különösen fontos a csillagrendszer szer-

kezetének tanulmányozása szempontjából, úgy látszik, még hosszú ideig főleg a fotografikus észlelések módszerén fog alapulni.

Az utóbbi évek egyik legfontosabb eseménye volt, hogy befejezték a tíz magnitúdónál fényesebb változócsillagok átnézését és az eredmények publikálását. Ezt a munkát a Harvard Obszervatórium gazdag lemezgyűjteménye segítségével végezték el. Dr. C. Payne-Gaposchkin és dr. S. Gaposchkin befejezte és publikálta több mint 1500 csillag vizsgálatának eredményeit, amelyek több mint egymillió fényesség becslésen alapulnak. (HA 115 és 118, 1946—1953.) Ez a munka egy igen lényeges adalék a változócsillagok tanulmányozása terén. Azonban, sajnos, a bejelölt változókkal egyidőben nem vizsgálták meg minden olyan 10^m -nál fényesebb csillagot, amely „változógyanus” volt. Sok ilyen csillagot tartalmazó lista került már publikálásra a Milton-hivatal munkájának megindulása előtt. A változógyanus csillagok vizsgálata jelentős mértékben gazdagítaná a fényes változókra vonatkozó ismereteinket.

Az imént említett munkák publikálásával egyidőben dr. S. Gaposchkin külön kiadványt készített, amely 285 fedési változóról tartalmaz részletesebb ismereteket (HA 113, No. 2. 1953). A beszámolási időszak szomorú eseménye, hogy a Harvard Obszervatórium „égi járőr”-ének munkája abbamaradt. Mint ismeretes, ez az „égi járőr” állandó dokumentációkat szolgáltatott az egész éggömbről több mint hetven év óta. Azok az „égi járőrök”, amelyeket az utóbbi három évtized alatt Sonnebergben (Németország), Sztalinabadban és Odesszában (Szovjetunió) hoztak létre, és az a sok felvétel, amely az ég egyes részeiről készült, illetve készült az északi félteke különböző obszervatóriumaiban, bizonyos mértékben pótolja azokat a hiányokat, amelyeket a Harvard Obszervatórium „égi járőrének” a megszűnése szükségképpen okozott a változócsillagok megfigyelése terén. Azonban igen aggasztóan áll a dolog a déli féltekével kapcsolatban. A Harvard Obszervatórium Bloemfonteinben elhelyezett déli égi észlelőhelyén végzett munka megszűnésével a déli ég (-30° -nál délebbi rész) gyakorlatilag észleletlen maradt.

Aktív vizsgálatok folynak a gyenge változócsillagokra vonatkozóan, kiválasztott égtájokról készített felvételek alapján, amelyeket különböző obszervatóriumokban viszonylag fényerős műszerekkel készítenek. Elsősorban itt kell megemlítenünk a sonnebergi obszervatóriumot (prof. C. Hoffmeister, dr. P. Ahnert és munkatársaik), a leideni obszervatóriumot (prof. P. Th. Oosterhoff és munkatársai), a moszkvai obszervatóriumot (a Stern-

berg csillagászati intézet munkatársait) és a Harvard Observatoriumot (prof. H. Shapley vezetése alatt álló munkatársak csoportja).

Ezeknek a csillagdáknak a munkatársai többszáz csillagra vonatkozó vizsgálatot közöltek, mind az említett csillagdák kiadványaiban, mind az általános csillagászati folyóiratokban. A fényes Scutum-felhő nagy környezetében 600 változócsillag vizsgálatát végezte el Miss dr. M. Walton (M. Walton, Maria Mitchell Obs., USA). A többszáz gyenge változó közül huszattettek vizsgálat tárgyává Castel Gandolfo csillagdjában (V. Miller). Körülbelül tizenhárom gyenge változót észleltek fotografikusan Oklahomában (prof. B. S. Whitney). V. I. Miller (Castel Gandolfo) tervbe vette, hogy 1955-től kezdve szisztematikusan fotografálja a gyenge változócsillagokat az új Schmidt-rendszerű teleszkóppal. Nagy anyag gyűlt össze a bergedorfi csillagdjában (dr. A. Wachmann). Egyes változócsillagok vizsgálata a világ sok csillagdjában folyik.

Nagy nehézséget okozott a Harvard Observatórium „változócsillag mezejé”-re vonatkozó terv teljesítése. Mint ismeretes, gazdag anyag gyűlt össze néhány száz olyan kiválasztott mezőről, amely teljesen befedi a Tejút széles zónáját és nagy galaktikai szélességekig kiterjed. Ennek az anyagnak csak kis részét nyert feldolgozást.

Alig férhet kétség ahhoz, hogy alapvető jelentősége van azoknak a vizsgálatoknak, amelyek az ég kisebb kiválasztott tartományain elhelyezkedő gyenge változócsillagokra vonatkoznak. Ezeket a tartományokat a galaktika centruma irányában, illetve más fontos irányokban szemelték ki. Ilyenfajta vizsgálatokhoz dr. V. Baade fogott hozzá a Mount Wilson, ill. a Palomar observatóriumban. A Sagittarius csillagképben levő két tartományról készítették felvételeket a pretoriai Radcliffe Observatórium 74 hüvelykes reflektorával igen halvány RR Lyrae típusú változócsillagok tanulmányozására. Ezeknek a felvételeknek a kimérését a leideni observatóriumban kezdték el. Kívánatos lenne, hogy ebben a munkában részt vegyenek a déli félteke observatóriumi, valamint az északi féltekének azok az observatóriumi, amelyek megfelelő felszereléssel rendelkeznek. Többek között alap gondolatuk szerint ide tartoznak H. Shapley professzornak a „tejútblakok”-ra vonatkozó vizsgálatai is.

Nem kevésbé érdekes a Magellan felhőkben (prof. H. Shapley és munkatársai a Harvard Observatóriumban, valamint dr. A. D. Thackeray és dr. A. Wesselink a Radcliffe observatóriumban Pretóriában) és a közeli spirális galaktikában (dr. W. Baade

a Mount Wilson és a Palomar obszervatóriumokban) levő változócsillagok tanulmányozása sem.

Dr. Zwicky indítványozta, hogy szervezzenek meg egy öt-éves időtartamra tervezett vizsgálatot a körülbelül ezer hozzánk legközelebbi extragalaktikára vonatkozóan, szupernóvacillagok szempontjából. Ebben a munkában részt vesznek a Lick, Lowell, Steward és a Palomar obszervatóriumok és esetleg a berni obszervatórium.

Fontos feladat a gömbhalmazokban előforduló változók vizsgálata is. Az utóbbi években számos megfigyelést végeztek gömbhalmazokban előforduló változócsillagokra vonatkozóan dr. Missis Sawyer-Hogg a David Dunlap obszervatóriumában (Toronto, Kanada) és prof. Rosino az olaszországi obszervatóriumában. Különböző gömbhalmazokban levő változócsillagok vizsgálatához kezdett dr. L. Detre a budapesti obszervatóriumában és hozzákezd dr. Cszsán Iuj-Cszse a nankingi obszervatóriumában és dr. L. Perék a brnoi obszervatóriumában. Missis dr. Sawyer-Hogg befejezi a gömbhalmazokban előforduló változócsillagok katalógusa második kiadásának összeállítását és kiadását. Ez a katalógus 1421 gömbhalmazbeli változócsillagról, 41 csillagról eddig még nem publikált anyagot és 48 változógyanús csillagról tartalmaz majd adatokat.

Teljesen nyilvánvaló, hogy a különböző csillagrendszerekben és különböző gömbhalmazokban előforduló változócsillagok sajátosságainak viszonylagos analízise sok értékes adatot szolgáltat a csillagkozmosz döntő kérdéseinek a megoldásához.

A sztalinabádi (Tadzsik köztársaság) csillagvizsgáló intézet munkatársai hozzáfogtak az égi járőr számos lemeze alapján az összes eddig nem vizsgált tizenkettedrendűnél fényesebb változócsillag szisztematikus feldolgozásához. (Lásd *Астрономический Циркуляр* №. 148, 149, 151, 155.) Nagy munkát végeznek a sonnebergi csillagvizsgáló intézet munkatársai az égi járőr lemezei alapján a fényes változócsillagok vizsgálata terén (lásd MVS). A sonnebergi, sztalinabádi és odesszai csillagdáknak az égi járőr lemezeit arra használják fel, hogy szisztematikusán meghatározzák a Mira Ceti típusú változócsillagok maximumainak epocháit.

A változócsillagok tanulmányozása szempontjából igen értékesek P. P. Parenágó professzornak az Orion-köd területén levő csillagokra vonatkozó általános vizsgálatai (*Труды Государственного Астрономического Института им Штернберга*, 25. kötet, 1954). Ez a vizsgálat a Szovjetunió számos csillagdájában nyert anyagon alapszik. Magában foglalja egyebek között minden olyan

változócsillagnak fotografikus és vizuális észleléseit, amely az égnek az Orion-köd körül elterülő 9 négyzetfoknyi részére esik.

Dr. L. Perek (Brno) kezdeményezésére Csehszlovákia számos csillagdájában rendszeresen fényképezik az eget az 57° , 147° , 237° és 327° galaktikai hosszúságú galaktikai meridiánok mentén.

Prof. F. Hayden (Georgetown Coll. Obs.) 1947 óta rendszeresen fényképezi kék és vörös fényben a Tejút tíz Cepheidákban gazdag területét.

Az abasztumani csillagdában (Grúz köztársaság) dr. I. Alanija nagyszámú RR Lyrae típusú változócsillag színindexét határozza meg a kozmikus fényelnyelés meghatározása céljából.

Igen becses és hosszú fotografikus észlelés-sorozatokat készített és készít egész sereg RR Lyrae típusú változócsillagrói a budapesti csillagda (dr. Detre és munkatársai). Ezeknek az észleléseknek az alapján egész sor munka jelent meg a Blazskó effektus tanulmányozására (a fénygörbe periodikus alakváltozásai).

Dr. V. Baade fotografálni kezdte a Mount Palomar obszervatórium 48 hüvelykes Schmidt-tükrével a kiválasztott területet a galaktikus „halo” tanulmányozása céljából. Az anyag feldolgozását a groningeri Kapteyn laboratóriummal közösen végzi (dr. L. Plaut).

16 kiválasztott területet fényképez rendszeresen Sz. Kahó a tokiói csillagda állomásán változócsillagok tanulmányozása céljából.

Vizuális észlelések

A változócsillagokra vonatkozó közvetlen vizuális fényességbecslés, amely különösen számos amatőr csillagász körében terjedt el, messze nem veszítette és még sokáig nem is veszíti el jelentőségét. Bár a műkedvelő társaságok többségénél a programok fedik egymást és ez bizonyos kívánnivalót hagy hátra, úgy vélem, hogy nem kell félni tőle és rajtunk áll az, hogy ezeket a munkákat racionálisabban szervezzük meg.

Mint azelőtt, most is igen tevékenyen dolgozik a Változócsillagok Észlelőinek Amerikai Egyesülete (Missis Margareta Mayall vezetésével). Az egyesület tagjai körülbelül 400 Mira Ceti típusú változócsillagot, 40-nél több nova- és novaszzerű változócsillagot, körülbelül 200 szabálytalan és félig szabályos és körülbelül 100 más típusú változócsillagot észlelnek. Kivá-

natos volna szisztematikusan kiterjeszteni ennek az egyesületnek a programját az összes újonnan felfedezett fényes Mira Ceti típusú csillagokra is, amelyek évtizedekig észleletlenül maradtak. Missis M. Mayall elkészíti körülbelül 400 változócsillagra az 1921—1949 időtartamra vonatkozóan a maximumok és a minimumok jegyzékét, amelynek az összeállítását az elhunyt L. Campbell professzor kezdte meg. Azután az 1949—1954-es időtartamra vonatkozó jegyzéket fogja elkészíteni. Kívánatos volna, hogy a maximumok és a minimumok időpontjait rendszeresebben publikálják, amint ezt annak idején prof. L. Campbell tette a Harvard Circularban. Sajnálkozva említjük meg, hogy a beszámolási periódus alatt az amerikai egyesület levált a Harvard Obszervatóriumról, mellyel az élén fejlődött fennállásának több mint negyven esztendeje folyamán.

A Francia Változócsillag-észlelők Egyesülete, bár újra visszanyerte aktivitását, azonban tevékenysége (mind a megfigyelő, mind a kiadói) kétségtelenül segítségre és támaszra szorul. Az egyesület észlelési programja átvizsgálásra szorul.

A Britt Csillagászati Egyesület változócsillag részlegé nem volt túlságosan aktív. A 27-es kommisszió elnökének olyan irányú kísérletei, hogy a szekció vezetőinek valamelyikével rendszeres levelezést építsen ki, sikertelenek maradtak.

Az Északi Csillagászati Közösség, hasonlóan az előző évekhez, igen tevékenyen dolgozott a változócsillagok vizsgálata terén. Ennek a szervezetnek a programja igen eredeti (a vezető dr. Axel Nielsen) és csak igen kismértékben hasonlít más műkedvelő szervezethez.

Igen tevékeny az Új Zelandi Csillagászati Egyesület változócsillag-részlegé (vezetője dr. Bettinson). Ez a részleg minőségileg kitűnő észleléseket publikál rendszeresen több mint 200 déli égi változócsillagról. Kívánatos volna a programok szorosabb összeegyeztetése az amerikai egyesületekkel.

V. Steavenson (Cambridge, Anglia) folytatja sokéves észleléssorozatait a „régiké” novákra vonatkozóan.

Dr. R. P. de Kock (Capetown) közli, hogy 1954. június 30-ikával letelt három év alatt a Dél-Afrikai Csillagászati Egyesület változócsillag-részlegének tagjai 30 500 vizuális észlelést végeztek és beküldték a Változócsillag-észlelők Amerikai Egyesületének (AAVSO).

Dr. A. A. Batirev (Rosztov, Szovjetunió) és munkatársai 30—40 RR Lyrae típusú változócsillagon végeznek rendszeres vizuális észleléseket.

Prof. V. P. Ceszevics (Odessza, Szovjetunió) feldolgozta és részben publikálta a 250 fedési változóról nyert 40 000 észlelési adat feldolgozásának eredményeit.

A változócsillagok fotoelektromos megfigyelései

A fotoelektromos megfigyelések tárgyilagosság és pontosság szempontjából messze felülműlják a fotografikus és a vizuális fotometria módszereit. Helyesen kidolgozott módszer esetén a fotoelektromos megfigyelési eszközök a változócsillagok karakterisztikáit egy-két nagyságrenddel pontosabban szolgáltatják, mint a szokásos fotografikus, illetve vizuális fényességbecslések. Az észlelők figyelme eddig szinte kizárólag a fedési változók felé irányult, ami igen sok értékes adatot szolgáltatott. Azonban magától értetődik, milyen fontos és szükséges, hogy minél nagyobb számú legkülönbözőbb típusú változócsillagról nyerjünk rendszeres fotoelektromos észleléseket. Annak a kérdésnek az analízise, ami a fizikai (valódi) változók fotoelektromos észlelése terén történt, minden meggondolásnál jobban mutatja széleskörű kifejlesztésük szükségességét.

Azok az észlelések, amelyeket Th. Walraven és A. B. Müller végeztek Leidenben és Johannesbergben, igen-igen fontos következtetésekre vezettek a Blazskó-effektus természetének tanulmányozása terén (a Blazskó-effektus az RR Lyrae típusú változócsillagoknál a fénygörbe alakjának periodikus változása) és fontos eredményekre vezettek a déli égi cepheidákra vonatkozóan. Dr. O. Eggennek 32 hosszúperiódusú cepheida fénygörbéjére vonatkozó vizsgálata (Ap. J. 113, 367, 1951) egy csapásra felfedezte azt a fontos tényt, hogy ez a változó típus morfológiailag nem egységes. Ez a felfedezés alátámasztást nyert a még nem publikált 15 hosszúperiódusú cepheidára vonatkozó észlelésekben, amelyeket a Lick és a Mount Stromlo csillagdákbán végeztek.

Érdekes eredményeket ért el számos szerző a kitéréses változók (VV Ceti típus) területén. Nemrég talált érdekes eredményeket dr. F. Lenouvel az AE Aquarii kitéréses változóval kapcsolatban.

Igen lényeges adatokat nyert M. F. Walker a β Canis Majoris típusú csillagokra vonatkozóan. Fontos eredményekre jutott I. Stebbins és G. E. Kron a β Cephei csillagok hat színben végzett fotometriája kapcsán (Ap. J. 120, 189, 1954).

Körülbelül tízezer fotoelektromos észlelést végeztek RR Lyrae típusú változókon dr. Detre és munkatársai a budapesti csillagdában.

Dr. M. Huruwata (Tokió) nemcsak fedési változók észlelését tervezi, hanem más típusú változókat is. Prof. I. B. Irwin (Bloomington, USA) igen fontos ideát formulázott meg a változócsillagok fotoelektromos fotometriája és kalorimetriájával kapcsolatban. Úgy tervezi, hogy egész sor déli égi cepheidának határozza meg a fényességét és színét a Capetown és a Pretóriai csillagdában.

Nemrég tett M. F. Walker egy igen lényeges felfedezést (P A S P 66, 230, 1954), bebizonyítva azt, hogy a D. Q. Herculis a klasszikus nova szoros kettős és pályamenti keringésének periódusa mindössze $4^h 39^m$. Azt hiszem, hogy ez a felfedezés lényegesebb a novák természetének a megértéséhez, mint az összes eddigi fotometrikus és spektrális vizsgálatok.

Csak a fotoelektromos megfigyelések révén sikerült megállapítani, hogy új típusú változók is vannak (α_2 Canum Vancitorum típus).

A változócsillagok spektrális vizsgálatai

Bár a változócsillagok spektrumának a tanulmányozásával kapcsolatos kérdések a 29-es kommisszió mellett működő speciális alkommiszió (csillagspektrumok) feladatkörébe tartozik, mégis elkerülhetetlennek tartom, hogy említést ne tegyek néhány olyan munkáról, amely erre a területre vonatkozik. Elsősorban azokra a vizsgálatokra kívánok figyelmet fordítani, amelyeknek a példája különösen meggyőző olyan szempontból, hogy a változócsillagokat komplex módon kell vizsgálni, a modern vizsgálati módszerek teljes fegyverzetében.

Dr. G. Herbignek a Lick obszervatóriumban (lásd pl. Ap. J. 119, 315, 1954) és dr. G. Haro és munkatársának a tonanzintlai obszervatóriumban a fényes hidrogénvonalakkal rendelkező csillagokra vonatkozó számos vizsgálata sok érdekes eredményre vezetett. Ezek a csillagok összefüggésben állnak a sötét és világos ködökkel. Ezek rendszerint mind R. W. Aurigae típusú változócsillagok. Így azt a tényt, hogy sok Orion-ködbeli Haro-objektum változik, prof. P. P. Parenago vizsgálatai nyomán sikerült megállapítani. Ugyanezt kell mondanunk a Herbig-féle objektumokkal kapcsolatban is az NGC 2264, amelyeknek a változó voltát T. A. Urinova (Moszkva) állapította meg.

A Mira Ceti típusú csillagok spektrumaira vonatkozó igen fontos vizsgálatokat végez dr. P. Merill (sok cikk az Ap. J.-ban) és A. Joy (Ap. J. Suppl, No. 2, 1954). Nagyon érdekes kozmogóniai szempontból a techniciumnak bizonyos Mira Ceti típusú változócsillagok spektrumában való felfedezése (Ap. J. 116, 21, 1952).

Prof. O. Struve és sok más kutató folytatta a β Canis Maioris típusú csillagok spektrumának mindenoldalú vizsgálatát.

Sokoldalú vizsgálatot végzett dr. Missis Pels-Kluyver az RR Lyrae spektrumában végbemenő vonalintenzitás változásokra vonatkozóan, részletesen összevetve ezeket a változásokat az RR Lyrae fotometrikus változásaival (BAN No. 12, 151, 1954).

A Cepheidák spektrumaira vonatkozóan érdekesek F. Sanford vizsgálatai (Ap. J.).

Dr. A. Joy felfedezte, hogy az AE Aquarii kitöréses változó spektroszkopikus kettős (Ap. J. 120, 377, 1954). Ez a felfedezés az ilyen típusú változócsillagok természetének megértése szempontjából döntő jelentőségű. I. I. Nassau és munkatársai átvizsgálják a csillagok infravörös spektrumait azzal a céllal, hogy feltáriák és tanulmányozzák az alacsony hőmérsékletű csillagok galaktikai eloszlását. Már az első olyan irányú kísérletek, hogy összevessék a nyert anyagot a változók jellemző adataival, arra az érdekes következtetésre vezették őt, hogy a változók arányszáma erős növekedést mutat az M-típus korai altípusaitól a későbbiek felé haladva. Az M 4.5-nél korábbi spektráltípusú csillagoknak csak kis töredékénél fordul elő $0^m 4^s$ -nél nagyobb amplitudó. A változócsillagok százalékos aránya gyorsan növekszik a későbbi osztályok felé haladva és eléri a 80%-ot, sőt a legkésőbbieknél még nagyobb is. Tervbe vették, hogy vizsgálat tárgyává teszik a Tejút mentén az $l = 333^\circ$ -tól a nullán át az $l = 201^\circ$ -ig terjedő sávban levő vörös változók számos törvényszerűségét.

Az S spektráltípusú változók spektrumainak vizsgálatát P. C. Keenan végezte el (Ap. J. 120, 484, 1954).

Érdekes és sokatígerő vizsgálatokat folytatott V. Ivanovszkaja Torunban (Torun Bull. No. 11) az RR Lyrae típusú csillagok spektrális tulajdonságaira vonatkozóan felfedezve azt, hogy ebbe a típusba tartozó csillagok között meghatározott morfológiai különbségek vannak aszerint, hogy a Galaktika sík vagy szférikus alrendszeréhez tartoznak-e.

Dr. A. Joy értékes vizsgálatokat folytat a hosszúperiódusú cepheidák spektrumaira vonatkozóan. A periódusok 1.0—1.5, illetve 10—25 naposak. A vizsgálat célja az, hogy finom különb-

ségeket találjon aszerint, hogy ezek a csillagok a Galaktikánknak különböző alrendszeréhez tartoznak.

Érdekes vizsgálatokat folytat a V Cas spektumára vonatkozóan dr. E. Vandekerkhove (Uccle) és V. G. Gorbackij (Lenin-grád).

Az észlelések elméleti interpretációja és a változócsillagok statisztikus vizsgálata

A beszámolónak ez a része elég formális és mesterséges jellegű. Minden észlelő arra törekszik, hogy valami módon értelmezze a nyert eredményeket és összevesse őket az adott területen már rendelkezésünkre álló ismeretanyagnak lehetőleg az egész komplexumával. Azonban bizonyos munkáknak általánosító jellege van és nemcsak a tulajdonképpeni észlelési adatokra támaszkodnak, hanem olyan kísérletekre, hogy vagy apriorisztikus (de fizikailag megalapozott) feltevésekre alapozzák az elméletet, vagy jelentős számú tény és objektum értelmezésére.

A specialisták nagy része magáévá tette W. Baadenak azt az ideáját, hogy a „periódus-fényesség” összefüggésben a nullpontot meg kell változtatni a hosszúperiódusú cepheidák esetében $-1^m 6$ -val, sőt $-2^m 0$ -val a szokásos H. Shapley féle értékhez képest. Ez a kérdés azonban nem oldható meg olyan egyszerűen.

Dr. A. Blaauw (BAN 12, 95, 1954) és A. Filin (Сталинибадский Бюллетен No. 10, 1954) munkái, kivitelezésük teljes pontossága mellett sem tudtak döntő bizonyítékot felmutatni Baade mellett. A paraméterek kis változása esetén (például az apex, a precessziókonstans, és különösen a Nap sebessége) igen erősen megváltozhatnak az eredmények.

A δ Cep és az n Aquilae hatszín fotometriája mintha Baade feltevése mellett volna (I. Stebbins P A S P 65, 118, 1953). Azonban kb. 50 RR Lyrae típusú csillag saját mozgásának igen pontos meghatározása folytán, amelyet E. D Pavlovskij végzett el (PZ 9, 233, 1953 és 9, 349, 1954). Új értéket adott, mégpedig $+0^m 5$ abszolút magnitúdót.

W. Baade csak azt bizonyította, hogy Galaktikánk (és esetleg más galaktikák) sík alrendszerébe tartozó cepheidák ugyanolyan periódushossz esetén legalább $1^m 5$ -val fényesebbek, mint a szférikus alrendszerek cepheidái. Az a tény, hogy mind a hosszúperiódusú cepheidák, mind az RR Lyrae típusú csillagok morfológiai sajátosságai nem azonosak, hanem változnak egyik csillagrendszerrel a másikkal vagy bonyolult csillagrendszer ese-

tén egyik alrendszeréről a másikra, arról tanúskodik, hogy nincs azonos nullpontja a „periódus-fényesség” összefüggésnek, hanem a nullpontoknak egy sokasága létezik, amelyek az illető Cepheidák keletkezésétől függenek. (Lásd például *Астрономический Циркуляр* 155, 1955.)

Prof. P. P. Parenágó a cepheidáknál fellépő egész sereg törvényszerűséget vetett mindenoldalú vizsgálat alá (*Переменные звезды* 10, No. 4, 1955). A következő eredményekre jutott: Galaktikánk sík alrendszerébe tartozó hosszúperiódusú cepheidák nullpontját $-0^m 5$ -val kell megváltoztatni, és a szférikus alrendszer rövidperiódusú cepheidáinak nullpontját pedig $+0^m 6$ -val (a Kukarkin-féle, 1949-es nullpontokhoz képest).

A Cepheidák radiális sebesség-görbéinél mutatkozó aszimmetriát T. Darmara tette vizsgálat tárgyává (*Publ. Astr. Soc. Japan* 3, 74, 1951). A δ Cep színeképvonalainak növekedésgörbéjét prof. C. Hitotujanagi és H. Jnaba tanulmányozta és megállapították, hogy turbulens mozgások vannak a légkörében (*Sc. Rep. Tohoku Univ. I.* 36, 321, 1952).

Az 1953 júniusában Groningenben tartott speciális szimpoziium témáját (lásd a NCsE I. szimpoziium) olyan változócsillagokra vonatkozó munkákból állították össze, amelyeknek fontos szerepük van Galaktikánk szerkezetének tanulmányozása szempontjából.

A novák, kitöréses változók, Mira Ceti típusú csillagok, szabálytalan és félig szabályos változók természetével kapcsolatosan számos elméleti munka került megvitatásra a moszkvai kozmogóniai szimpoziumon, amely a nem stacionáris csillagokkal foglalkozott. (Lásd *Труды четвертого совещания по космогонии, Москва, 1955.*)

A cepheidák atmoszférájának viselkedésére és folytonos színeképére vonatkozóan egész sor vizsgálatot folytatott Párizsban dr. Miss Canavaggia és dr. Pecker.

A gömbhalmazokban levő csillagoknak, különösen az RR Lyrae típusú változóknak az eloszlásában mutatkozó törvényszerűségeket tette vizsgálat tárgyává P. N. Holopov (lásd például, *PZ* 9, 371, 1954).

A Mira Ceti típusú csillagok bizonyos tulajdonságai arra engednek következtetni, hogy ezek a csillagok fiatal csillagok. Minthogy ilyen csillagok a Galaktikánk szférikus alrendszerében és gömbhalmazokban fordulnak elő, azt lehet mondani, hogy a csillagok keletkezésének folyamata nemcsak a spirálkarokban megy végbe, hanem Galaktikánknak a szférikus alrendszerében,

a gömbhalmazokban és az elliptikus galaktikákban is (lásd *Астрономический Журнал СССР*, 31, 489, 1954).

P. P. Parenágó az Orion-ködben levő változócsillagokra vonatkozó már említett munkájában sok értékes kozmogóniai következtetésre jut (*Труды Государственного астрономического института им Штерибера* 25, 1954).

D. J. M. Kopilov a novákat és a novaszzerű csillagokat vetette mindenoldalú statisztikus vizsgálat alá (*Известия крымской астрономической обсерватории* No. 12, 1954).

Prof. V. P. Ceszevics és munkatársai az RV Tauri típusú csillagok színindexének viselkedését tették vizsgálat tárgyává.

A félig szabályos és szabálytalan változócsillagok (különös tekintettel a széntartalmú csillagokra) térbeli eloszlását és kinematikáját vizsgálta dr. Já Já Ikauniszksz (lásd *Переменные Звезды*).

Érdekes P. Fogg munkája (Georgetowni Egyetem, USA), amely annak lehetőségeit tárgyalja, hogy a változócsillagok periódusának meghatározásánál alkalmazzuk az elektronikus számológépeket.

Az itt közölt beszámoló után a komisszió egyes ülésein a beszámoló anyagát pontonként megvitatják.

B. V. Kukarkin

TARTALOMJEGYZEK

	Oldal
A Nap és a Hold fontosabb adatai — — — — —	4
A szabad szemmel látható bolygók koordinátái és látszólagos sugara Oh világidőkor — — — — —	28
A Jupiter-holdak helyzetei — — — — —	32
A Jupiter-holdak jelenségei — — — — —	36
A nappal és szürkület tartama Magyarországon — — — — —	42
A nappal tartalma különböző északi földrajzi szélességű helyeken	44
A polgári szürkület hossza különböző északi földrajzi szélességű helyeken az évszakok kezdetekor — — — — —	45
A Nap delelési magassága (az északi félgömbön) — — — — —	46
A Nap forgási tengelyének helyzete és a napkorong középpontjának héliografikus koordinátái — — — — —	47
A Sarkcsillag felső delelésének időpontja középeurópai zónaidőben és azimutja Budapesten — — — — —	48
Budapesten látható csillagfedések 1956-ban — — — — —	49
A fényesebb csillagok fontosabb adatai — — — — —	52
Az Uránusz látszó mozgásának térképe — — — — —	55
A Neptunusz látszó mozgásának térképe — — — — —	56
A csillagos ég 1956-ban — — — — —	57

Beszámolók

<i>Detre László:</i> A MTA Csillagvizsgáló Intézetének működése az 1954. évben — — — — —	69
<i>Sinka József:</i> A TTIT Csillagászati és matematikai szakosztályainak munkájáról — — — — —	81
<i>Kulin György:</i> A budapesti Uránia Bemutató Csillagvizsgáló — — — — —	87

Cikkek

<i>Kulin György:</i> A Mars bolygó nagy földközelsége 1956-ban — — — — —	96
<i>Dezső Loránt:</i> A Nap és Föld légköréről — — — — —	119
<i>Almár Iván:</i> Űrhajózás, mint tudomány — — — — —	135
<i>Róka Gedeon:</i> A Tejútrendszer szerkezetének megismerése — — — — —	164
<i>Herczeg Tibor:</i> A bolygók belső szerkezete — — — — —	180
<i>Ozsváth István:</i> A csillaghalmazok fejlődése — — — — —	211
<i>B. V. Kukarkin:</i> A változócsillagok modern problémái — — — — —	222

