

CSILLAGÁSZATI ÉVKÖNYV

1978





CSILLAGÁSZATI ÉVKÖNYV

az 1978. évre

Szerkesztette

a TIT Csillagászati és Űrkutatási Szakosztályainak
Országos Választmánya

az Eötvös Loránd Fizikai Társulat Csillagászati Csoportjának
és

a MTESZ Központi Asztronautikai Szakosztályának
közreműködésével

Gondolat Kiadó • Budapest 1977

Címképünk: az egri csillagászati múzeum fali kvadránsa

A borító hátsó oldalán: az egykori egri Líceum, ma tanárképző főiskola

ISSN 0526-233x

© Gondolat Kiadó, 1977

I. JANUÁR

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

Hold: 8-án 13^h-kor földközélen
21-én 03^h-kor földtávolban

HÓNAP

0^h világitdők

Julian dátum 2443...	Csillagidő ($\lambda=0^h$ -nál)	NAP			HOLD	
		RA	D	látszó sugara	RA	D
	h m s	h m	° ′	′ ″	h m	° ′
...509,5	6 41 10,059	18 44,4	-23 03	16 17	11 29,1	+ 1 38
510,5	6 45 06,611	18 48,8	22 58	16 17	12 18,0	- 2 27
511,5	6 49 03,164	18 53,3	22 52	16 17	13 08,7	6 32
512,5	6 52 59,718	18 57,7	22 47	16 17	14 01,8	10 25
513,5	6 56 56,275	19 02,1	22 40	16 17	14 57,8	13 49
514,5	7 00 52,835	19 06,4	22 34	16 17	15 57,0	16 29
515,5	7 04 49,397	19 10,8	22 26	16 17	16 59,1	18 07
516,5	7 08 45,960	19 15,2	22 19	16 17	18 02,9	18 30
517,5	7 12 42,524	19 19,6	22 11	16 17	19 06,9	17 32
518,5	7 16 39,086	19 23,9	22 02	16 17	20 09,5	15 21
519,5	7 20 35,644	19 28,3	21 53	16 17	21 09,5	12 09
520,5	7 24 32,200	19 32,6	21 44	16 17	22 06,5	8 18
521,5	7 28 28,753	19 37,0	21 34	16 17	23 00,6	- 4 05
522,5	7 32 25,305	19 41,3	21 24	16 17	23 52,2	+ 0 11
523,5	7 36 21,857	19 45,6	21 13	16 17	0 42,1	4 19
524,5	7 40 18,409	19 49,9	21 02	16 17	1 31,0	8 07
525,5	7 44 14,963	19 54,2	20 51	16 17	2 19,4	11 27
526,5	7 48 11,519	19 58,4	20 39	16 17	3 07,8	14 14
527,5	7 52 08,076	20 02,7	20 27	16 17	3 56,5	16 23
528,5	7 56 04,634	20 06,9	20 14	16 17	4 45,8	17 48
529,5	8 00 01,193	20 11,2	20 01	16 17	5 35,4	18 27
530,5	8 03 57,752	20 15,4	19 48	16 17	6 25,2	18 17
531,5	8 07 54,311	20 19,6	19 34	16 17	7 15,0	17 19
532,5	8 11 50,868	20 23,8	19 20	16 16	8 04,5	15 35
533,5	8 15 47,424	20 28,0	19 06	16 16	8 53,5	13 09
534,5	8 19 43,979	20 32,2	18 51	16 16	9 42,0	10 07
535,5	8 23 40,531	20 36,3	18 36	16 16	10 30,1	6 37
536,5	8 27 37,082	20 40,5	18 21	16 16	11 18,2	+ 2 46
537,5	8 31 33,633	20 44,6	18 05	16 16	12 06,8	- 1 16
538,5	8 35 30,183	20 48,7	17 49	16 16	12 56,4	5 18
539,5	8 39 26,735	20 52,8	-17 32	16 16	13 47,7	- 9 10

Föld: 2-án 00^h24^m-kor napközben (KözEI)

I. FEBRUÁR

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

Hold: 5-én 22^h-kor földközélen
17-én 19^h-kor földtávolban

HÓNAP

0 ^h világidőkor						
Julian dátum 2443...	Csillagidő ($\lambda=0^h$ -nál)	NAP			HOLD	
		RA	D	látzó sugara	RA	D
	h m s	h m	° ′	′ ″	h m	° ′
...540,5	8 43 23,289	20 56,9	-17 16	16 15	14 41,2	-12 38
541,5	8 47 19,845	21 01,0	16 58	16 15	15 37,4	15 29
542,5	8 51 16,403	21 05,1	16 41	16 15	16 36,2	17 28
543,5	8 55 12,964	21 09,1	16 23	16 15	17 37,2	18 21
544,5	8 59 09,524	21 13,1	16 06	16 15	18 39,3	18 01
545,5	9 03 06,084	21 17,2	15 47	16 15	19 41,4	16 27
546,5	9 07 02,642	21 21,2	15 29	16 15	20 42,1	13 46
547,5	9 10 59,197	21 25,2	15 10	16 14	21 40,7	10 13
548,5	9 14 55,748	21 29,2	14 51	16 14	22 36,9	6 07
549,5	9 18 52,298	21 33,1	14 32	16 14	23 30,8	- 1 47
550,5	9 22 48,847	21 37,1	14 12	16 14	0 22,8	+ 2 30
551,5	9 26 45,397	21 41,0	13 53	16 14	1 13,4	6 32
552,5	9 30 41,948	21 45,0	13 33	16 13	2 03,1	10 08
553,5	9 34 38,500	21 48,9	13 13	16 13	2 52,5	13 11
554,5	9 38 35,054	21 52,8	12 52	16 13	3 41,7	15 34
555,5	9 42 31,609	21 56,7	12 32	16 13	4 31,2	17 15
556,5	9 46 28,165	22 00,6	12 11	16 13	5 20,8	18 09
557,5	9 50 24,722	22 04,4	11 50	16 13	6 10,5	18 15
558,5	9 54 21,278	22 08,3	11 29	16 12	7 00,2	17 34
559,5	9 58 17,833	22 12,1	11 07	16 12	7 49,8	16 06
560,5	10 02 14,387	22 16,0	10 46	16 12	8 39,1	13 54
561,5	10 06 10,940	22 19,8	10 24	16 12	9 28,1	11 03
562,5	10 10 07,490	22 23,6	10 02	16 11	10 16,9	7 40
563,5	10 14 04,039	22 27,4	9 40	16 11	11 05,7	+ 3 52
564,5	10 18 00,587	22 31,2	9 18	16 11	11 54,9	- 0 09
565,5	10 21 57,135	22 35,0	8 56	16 11	12 44,9	4 14
566,5	10 25 53,684	22 38,8	8 33	16 11	13 36,2	8 10
567,5	10 29 50,235	22 42,5	- 8 11	16 10	14 29,2	-11 44

I. MÁRCIUS

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

Hold: 5-én 17^h-kor földközélen
 17-én 15^h-kor földtávolban
 21-én 06^h-kor földközélen

HÓNAP

0 ^h világitdők						
Julián dátum 2443 ...	Csillagidő ($\lambda=0^h$ -nál)	NAP			HOLD	
		RA	D	látászó sugara	RA	D
	h m s	h m	° ′	′ ″	h m	° ′
...568,5	10 33 46,788	22 46,3	— 7 48	16 10	15 24,2	—14 43
569,5	10 37 43,343	22 50,0	7 25	16 10	16 21,3	16 53
570,5	10 41 39,900	22 53,8	7 03	16 10	17 20,2	18 04
571,5	10 45 36,458	22 57,5	6 40	16 09	18 20,1	18 07
572,5	10 49 33,016	23 01,2	6 16	16 09	19 20,2	17 00
573,5	10 53 29,572	23 05,0	5 53	16 09	20 19,6	14 48
574,5	10 57 26,125	23 08,7	5 30	16 09	21 17,6	11 41
575,5	11 01 22,676	23 12,4	5 07	16 08	22 13,7	7 52
576,5	11 05 19,224	23 16,1	4 43	16 08	23 08,1	— 3 40
577,5	11 09 15,771	23 19,8	4 20	16 08	0 01,0	+ 0 39
578,5	11 13 12,319	23 23,5	3 56	16 08	0 52,7	4 50
579,5	11 17 08,867	23 27,1	3 33	16 07	1 43,5	8 40
580,5	11 21 05,417	23 30,8	3 09	16 07	2 33,9	11 59
581,5	11 25 01,969	23 34,5	2 45	16 07	3 24,1	14 40
582,5	11 28 58,522	23 38,1	2 22	16 07	4 14,2	16 38
583,5	11 32 55,076	23 41,8	1 58	16 06	5 04,2	17 49
584,5	11 36 51,631	23 45,5	1 34	16 06	5 54,1	18 12
585,5	11 40 48,186	23 49,1	1 11	16 06	6 43,8	17 47
586,5	11 44 44,740	23 52,8	0 47	16 05	7 33,3	16 35
587,5	11 48 41,294	23 56,4	— 0 23	16 05	8 22,4	14 39
588,5	11 52 37,845	0 00,1	+ 0 00	16 05	9 11,4	12 02
589,5	11 56 34,395	0 03,7	0 24	16 05	10 00,2	8 50
590,5	12 00 30,944	0 07,3	0 48	16 04	10 49,2	5 10
591,5	12 04 27,491	0 11,0	1 11	16 04	11 38,8	+ 1 10
592,5	12 08 24,038	0 14,6	1 35	16 04	12 29,4	— 2 58
593,5	12 12 20,586	0 18,3	1 59	16 04	13 21,3	7 02
594,5	12 16 17,135	0 21,9	2 22	16 03	14 15,0	10 48
595,5	12 20 13,687	0 25,5	2 46	16 03	15 10,6	14 00
596,5	12 24 10,241	0 29,2	3 09	16 03	16 08,0	16 25
597,5	12 28 06,798	0 32,8	3 32	16 02	17 06,9	17 51
598,5	12 32 03,355	0 36,5	+ 3 56	16 02	18 06,5	—18 10

Föld: 21-én 0^h34^m-kor tavasz kezdete (KözEI)

I. ÁPRILIS

DÁTUM	A HÉT napjai	Év hányadik hete	Év hányadik napja	KÖZÉP-EURÓPAI zónaidőben (KözEI)					A HOLD fény-változásai
				Budapesten					
				A NAP			A HOLD		
				kel	delel	nyugszik	kel	nyugszik	
				h m	h m	h m	h m	h m	h m
1	Sz	(14)	91	5 24	11 48	18 13	1 36	11 20	
2	V		92	5 22	11 48	18 15	2 22	12 28	
3	H	15	93	5 20	11 48	18 16	3 02	13 39	
4	K		94	5 18	11 47	18 17	3 37	14 50	
5	Sz		95	5 16	11 47	18 19	4 09	16 01	
6	Cs		96	5 14	11 47	18 20	4 39	17 10	
7	P		97	5 12	11 46	18 22	5 09	18 18	● 16 16
8	Sz		98	5 10	11 46	18 23	5 40	19 25	
9	V		99	5 08	11 46	18 24	6 11	20 29	
10	H	16	100	5 06	11 46	18 26	6 45	21 29	
11	K		101	5 04	11 45	18 27	7 23	22 26	
12	Sz		102	5 02	11 45	18 29	8 04	23 18	
13	Cs		103	5 00	11 45	18 30	8 49	—	
14	P		104	4 58	11 45	18 32	9 38	0 05	
15	Sz		105	4 57	11 44	18 33	10 32	0 47	∅ 14 56
16	V		106	4 55	11 44	18 34	11 28	1 25	
17	H	17	107	4 53	11 44	18 36	12 28	1 59	
18	K		108	4 51	11 44	18 37	13 29	2 30	
19	Sz		109	4 49	11 43	18 39	14 34	3 00	
20	Cs		110	4 47	11 43	18 40	15 40	3 28	
21	P		111	4 45	11 43	18 41	16 49	3 57	
22	Sz		112	4 44	11 43	18 43	17 59	4 27	
23	V		113	4 42	11 43	18 44	19 12	5 00	○ 05 12
24	H	18	114	4 40	11 42	18 46	20 24	5 38	
25	K		115	4 38	11 42	18 47	21 33	6 21	
26	Sz		116	4 36	11 42	18 48	22 37	7 11	
27	Cs		117	4 35	11 42	18 50	23 34	8 08	
28	P		118	4 33	11 42	18 51	—	9 12	
29	Sz		119	4 31	11 42	18 52	0 22	10 20	☾ 22 03
30	V		120	4 30	11 41	18 54	1 04	11 30	

Hold: 14-én 11^h-kor földtávolban
26-án 09^h-kor földközelpén

HÓNAP

0 ^h világidőkor						
Julian dátum 2443...	Csillagidő ($\lambda=0^h$ -nál)	NAP			HOLD	
		RA	D	látzó sugara	RA	D
	h m s	h m	° ′	′ ″	h m	° ′
...599,5	12 35 59,912	0 40,1	+ 4 19	16 02	19 05,8	-17 20
600,5	12 39 56,468	0 43,7	4 42	16 02	20 04,3	15 26
601,5	12 43 53,022	0 47,4	5 05	16 01	21 01,2	12 38
602,5	12 47 49,573	0 51,0	5 28	16 01	21 56,4	9 06
603,5	12 51 46,122	0 54,7	5 51	16 01	22 50,0	5 06
604,5	12 55 42,670	0 58,3	6 14	16 00	23 42,2	- 0 53
605,5	12 59 39,218	1 02,0	6 37	16 00	0 33,6	+ 3 19
606,5	13 03 35,766	1 05,7	6 59	16 00	1 24,4	7 16
607,5	13 07 32,315	1 09,3	7 22	16 00	2 15,0	10 49
608,5	13 11 28,867	1 13,0	7 44	15 59	3 05,6	13 46
609,5	13 15 25,420	1 16,7	8 06	15 59	3 56,2	16 01
610,5	13 19 21,975	1 20,3	8 28	15 59	4 46,7	17 30
611,5	13 23 18,531	1 24,0	8 50	15 59	5 37,0	18 10
612,5	13 27 15,087	1 27,7	9 12	15 58	6 27,0	18 02
613,5	13 31 11,642	1 31,4	9 33	15 58	7 16,5	17 06
614,5	13 35 08,197	1 35,1	9 55	15 58	8 05,5	15 25
615,5	13 39 04,750	1 38,8	10 16	15 58	8 54,0	13 04
616,5	13 43 01,302	1 42,5	10 37	15 57	9 42,3	10 06
617,5	13 46 57,852	1 46,2	10 58	15 57	10 30,8	6 37
618,5	13 50 54,401	1 50,0	11 19	15 57	11 19,8	+ 2 44
619,5	13 54 50,949	1 53,7	11 40	15 57	12 09,9	- 1 22
620,5	13 58 47,498	1 57,4	12 00	15 56	13 01,7	5 32
621,5	14 02 44,048	2 01,2	12 20	15 56	13 55,5	9 31
622,5	14 06 40,600	2 04,9	12 40	15 56	14 51,6	13 02
623,5	14 10 37,156	2 08,7	13 00	15 55	15 50,0	15 49
624,5	14 14 33,713	2 12,4	13 19	15 55	16 50,2	17 37
625,5	14 18 30,273	2 16,2	13 39	15 55	17 51,2	18 16
626,5	14 22 26,832	2 20,0	13 58	15 55	18 51,9	17 43
627,5	14 26 23,391	2 23,8	14 17	15 54	19 51,3	16 02
628,5	14 30 19,947	2 27,6	+14 35	15 54	20 48,7	-13 25

I. MÁJUS

DÁTUM	A HÉT napjai	Év hányadik hete	Év hányadik napja	KÖZÉP-EURÓPAI zónaidőben (KözEI)					A HOLD fény-változásai
				Budapest					
				A NAP			A HOLD		
				kel	delel	nyugszik	kel	nyugszik	
				h m	h m	h m	h m	h m	
1	H	19	121	4 28	11 41	18 55	1 40	12 41	
2	K		122	4 27	11 41	18 56	2 12	13 50	
3	Sz		123	4 25	11 41	18 58	2 42	14 59	
4	Cs		124	4 23	11 41	18 59	3 12	16 06	
5	P		125	4 22	11 41	19 01	3 40	17 12	
6	Sz		126	4 20	11 41	19 02	4 11	18 16	
7	V		127	4 19	11 41	19 03	4 43	19 18	● 05 48
8	H	20	128	4 17	11 41	19 05	5 19	20 16	
9	K		129	4 16	11 41	19 06	5 59	21 10	
10	Sz		130	4 14	11 41	19 08	6 42	22 00	
11	Cs		131	4 13	11 40	19 09	7 30	22 44	
12	P		132	4 12	11 40	19 10	8 22	23 24	
13	Sz		133	4 10	11 40	19 11	9 17	23 59	
14	V		134	4 09	11 40	19 13	10 14	—	
15	H	21	135	4 08	11 40	19 14	11 14	0 31) 08 40
16	K		136	4 07	11 40	19 15	12 17	1 00	
17	Sz		137	4 05	11 40	19 16	13 21	1 28	
18	Cs		138	4 04	11 41	19 18	14 27	1 56	
19	P		139	4 03	11 41	19 19	15 37	2 24	
20	Sz		140	4 02	11 41	19 20	16 48	2 56	
21	V		141	4 01	11 41	19 21	18 01	3 31	
22	H	22	142	4 00	11 41	19 22	19 14	4 11	○ 14 17
23	K		143	3 59	11 41	19 24	20 23	4 59	
24	Sz		144	3 58	11 41	19 25	21 24	5 54	
25	Cs		145	3 57	11 41	19 26	22 18	6 58	
26	P		146	3 56	11 41	19 27	23 04	8 06	
27	Sz		147	3 55	11 41	19 28	23 42	9 18	
28	V		148	3 54	11 41	19 29	—	10 30	
29	H	23	149	3 53	11 41	19 30	0 17	11 41	(04 31
30	K		150	3 53	11 42	19 31	0 48	12 51	
31	Sz		151	3 52	11 42	19 32	1 17	13 58	

Hold: 12-én 05^h-kor földtávolban
24-én 06^h-kor földközélen

HÓNAP

0 ^h világidőkor						
Julián dátum 2443 ...	Csillagidő ($\lambda=0^h$ -nál)	NAP			HOLD	
		RA	D	látszó sugara	RA	D
	h m s	h m	° ' "	' "	h m	° ' "
...629,5	14 34 16,500	2 31,4	+14 54	15 54	21 43,9	-10 03
630,5	14 38 13,052	2 35,2	15 12	15 54	22 37,1	6 11
631,5	14 42 09,602	2 39,1	15 30	15 53	23 28,7	- 2 03
632,5	14 46 06,151	2 42,9	15 48	15 53	0 19,2	+ 2 06
633,5	14 50 02,701	2 46,7	16 05	15 53	1 09,2	6 06
634,5	14 53 59,252	2 50,6	16 22	15 53	1 59,1	9 46
635,5	14 57 55,805	2 54,5	16 39	15 53	2 49,2	12 55
636,5	15 01 52,360	2 58,3	16 56	15 52	3 39,6	15 25
637,5	15 05 48,917	3 02,2	17 12	15 52	4 30,2	17 11
638,5	15 09 45,474	3 06,1	17 28	15 52	5 20,8	18 09
639,5	15 13 42,032	3 10,0	17 44	15 52	6 11,1	18 17
640,5	15 17 38,590	3 13,9	17 59	15 51	7 00,8	17 37
641,5	15 21 35,147	3 17,9	18 14	15 51	7 49,9	16 11
642,5	15 25 31,703	3 21,8	18 29	15 51	8 38,2	14 04
643,5	15 29 28,258	3 25,7	18 44	15 51	9 26,0	11 19
644,5	15 33 24,811	3 29,7	18 58	15 51	10 13,6	8 03
645,5	15 37 21,362	3 33,7	19 12	15 50	11 01,5	4 22
646,5	15 41 17,913	3 37,6	19 25	15 50	11 50,2	+ 0 22
647,5	15 45 14,464	3 41,6	19 38	15 50	12 40,5	- 3 46
648,5	15 49 11,015	3 45,6	19 51	15 50	13 32,9	7 51
649,5	15 53 07,569	3 49,6	20 04	15 50	14 28,1	11 37
650,5	15 57 04,125	3 53,6	20 16	15 50	15 26,1	14 49
651,5	16 01 00,685	3 57,6	20 28	15 49	16 26,8	17 07
652,5	16 04 57,247	4 01,6	20 39	15 49	17 29,3	18 16
653,5	16 08 53,809	4 05,7	20 51	15 49	18 32,2	18 10
654,5	16 12 50,371	4 09,7	21 01	15 49	19 34,1	16 48
655,5	16 16 46,930	4 13,7	21 12	15 49	20 33,8	14 22
656,5	16 20 43,487	4 17,8	21 22	15 49	21 30,9	11 06
657,5	16 24 40,041	4 21,9	21 31	15 48	22 25,3	7 17
658,5	16 28 36,593	4 25,9	21 41	15 48	23 17,5	- 3 10
659,5	16 32 33,145	4 30,0	+21 50	15 48	0 08,1	+ 1 01

I. JÚNIUS

DÁTUM	A HÉT napjai	Év hányadik hete	Év hányadik napja	KÖZÉP-EURÓPAI zónaidőben (KözEI)					A HOLD fény-változásai
				Budapesten					
				A NAP			A HOLD		
				kel	delel	nyugszik	kel	nyugszik	
				h m	h m	h m	h m	h m	h m
1	Cs	(23)	152	3 51	11 42	19 33	1 45	15 03	
2	P		153	3 51	11 42	19 34	2 14	16 07	
3	Sz		154	3 50	11 42	19 35	2 46	17 09	
4	V		155	3 49	11 42	19 36	3 19	18 09	
5	H	24	156	3 49	11 43	19 36	3 57	19 05	● 20 02
6	K		157	3 48	11 43	19 37	4 38	19 56	
7	Sz		158	3 48	11 43	19 38	5 24	20 42	
8	Cs		159	3 48	11 43	19 39	6 14	21 23	
9	P		160	3 47	11 43	19 39	7 09	22 01	
10	Sz		161	3 47	11 43	19 40	8 05	22 33	
11	V		162	3 47	11 44	19 41	9 04	23 03	
12	H	25	163	3 46	11 44	19 41	10 04	23 30	
13	K		164	3 46	11 44	19 42	11 06	23 58	⋔ 23 45
14	Sz		165	3 46	11 44	19 42	12 10	—	
15	Cs		166	3 46	11 44	19 43	13 16	0 25	
16	P		167	3 46	11 45	19 43	14 24	0 54	
17	Sz		168	3 46	11 45	19 44	15 36	1 26	
18	V		169	3 46	11 45	19 44	16 48	2 02	
19	H	26	170	3 46	11 45	19 44	18 00	2 46	
20	K		171	3 46	11 46	19 45	19 06	3 37	○ 21 31
21	Sz		172	3 47	11 46	19 45	20 06	4 37	
22	Cs		173	3 47	11 46	19 45	20 57	5 45	
23	P		174	3 47	11 46	19 45	21 41	6 58	
24	Sz		175	3 47	11 46	19 45	22 19	8 13	
25	V		176	3 48	11 47	19 45	22 51	9 27	
26	H	27	177	3 48	11 47	19 45	23 21	10 39	
27	K		178	3 48	11 47	19 45	23 50	11 49	⋔ 12 45
28	Sz		179	3 49	11 47	19 45	—	12 56	
29	Cs		180	3 49	11 47	19 45	0 18	14 00	
30	P		181	3 50	11 48	19 45	0 49	15 02	

Hold: 8-án 18^h-kor földtávolban
21-én 13^h-kor földközélen

HÓNAP

0 ^h világidőkor						
Julián dátum 2443...	Csillagidő ($\lambda=0^h$ -nál)	NAP			HOLD	
		RA	D	látászó sugara	RA	D
	h m s	h m	° ′	′ ″	h m	° ′
...660,5	16 36 29,696	4 34,1	+21 58	15 48	0 57,7	+ 5 04
661,5	16 40 26,249	4 38,2	22 07	15 48	1 46,9	8 48
662,5	16 44 22,804	4 42,3	22 14	15 48	2 36,3	12 06
663,5	16 48 19,360	4 46,4	22 22	15 47	3 26,0	14 47
664,5	16 52 15,918	4 50,5	22 29	15 47	4 16,1	16 48
665,5	16 56 12,477	4 54,6	22 35	15 47	5 06,5	18 01
666,5	17 00 09,037	4 58,8	22 42	15 47	5 56,8	18 26
667,5	17 04 05,596	5 02,9	22 47	15 47	6 46,8	18 01
668,5	17 08 02,156	5 07,0	22 53	15 47	7 36,1	16 50
669,5	17 11 58,714	5 11,2	22 58	15 47	8 24,6	14 56
670,5	17 15 55,270	5 15,3	23 03	15 47	9 12,3	12 23
671,5	17 19 51,825	5 19,5	23 07	15 47	9 59,5	9 19
672,5	17 23 48,378	5 23,6	23 11	15 46	10 46,4	5 48
673,5	17 27 44,931	5 27,8	23 14	15 46	11 33,8	+ 1 59
674,5	17 31 41,483	5 31,9	23 17	15 46	12 22,2	- 2 02
675,5	17 35 38,035	5 36,1	23 20	15 46	13 12,4	6 05
676,5	17 39 34,589	5 40,2	23 22	15 46	14 05,1	9 58
677,5	17 43 31,146	5 44,4	23 23	15 46	15 00,9	13 26
678,5	17 47 27,705	5 48,5	23 25	15 46	16 00,0	16 11
679,5	17 51 24,267	5 52,7	23 26	15 46	17 01,9	17 55
680,5	17 55 20,831	5 56,9	23 26	15 46	18 05,7	18 26
681,5	17 59 17,394	6 01,0	23 26	15 46	19 09,6	17 36
682,5	18 03 13,956	6 05,2	23 26	15 46	20 12,2	15 33
683,5	18 07 10,515	6 09,3	23 25	15 46	21 12,3	12 28
684,5	18 11 07,071	6 13,5	23 24	15 46	22 09,4	8 42
685,5	18 15 03,624	6 17,6	23 23	15 46	23 03,7	4 32
686,5	18 19 00,176	6 21,8	23 21	15 46	23 55,8	- 0 15
687,5	18 22 56,728	6 25,9	23 18	15 46	0 46,3	+ 3 55
688,5	18 26 53,281	6 30,1	23 16	15 45	1 35,9	7 47
689,5	18 30 49,836	6 34,2	+23 12	15 45	2 25,2	+11 13

Föld: 21-én 19^h10^m-kor nyár kezdete (KözEI)

I. JÚLIUS

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

Hold: 6-án 01^h-kor földtávolban
19-én 22^h-kor földközélen

HÓNAP

0 ^h világidőkor						
Julián dátum 2443...	Csillagidő ($\lambda=0^h$ -nál)	NAP			HOLD	
		RA	D	látászó sugara	RA	D
	h m s	h m	° ′	′ ″	h m	° ′
...690,5	18 34 46,392	6 38,4	+23 09	15 45	3 14,5	+14 05
691,5	18 38 42,950	6 42,5	23 05	15 45	4 04,1	16 17
692,5	18 42 39,509	6 46,6	23 00	15 45	4 54,1	17 44
693,5	18 46 36,068	6 50,8	22 56	15 45	5 44,2	18 24
694,5	18 50 32,628	6 54,9	22 50	15 45	6 34,2	18 15
695,5	18 54 29,188	6 59,0	22 45	15 45	7 23,7	17 18
696,5	18 58 25,746	7 03,1	22 39	15 45	8 12,5	15 36
697,5	19 02 22,303	7 07,2	22 32	15 45	9 00,5	13 15
698,5	19 06 18,858	7 11,3	22 26	15 45	9 47,7	10 20
699,5	19 10 15,411	7 15,4	22 18	15 45	10 34,5	6 58
700,5	19 14 11,963	7 19,5	22 11	15 45	11 21,2	+ 3 16
701,5	19 18 08,515	7 23,6	22 03	15 46	12 08,4	- 0 38
702,5	19 22 05,067	7 27,7	21 55	15 46	12 56,8	4 36
703,5	19 26 01,619	7 31,7	21 46	15 46	13 47,2	8 27
704,5	19 29 58,174	7 35,8	21 37	15 46	14 40,1	12 00
705,5	19 33 54,731	7 39,8	21 28	15 46	15 36,1	15 00
706,5	19 37 51,291	7 43,9	21 18	15 46	16 35,4	17 11
707,5	19 41 47,853	7 47,9	21 08	15 46	17 37,4	18 17
708,5	19 45 44,415	7 51,9	20 57	15 46	18 41,0	18 07
709,5	19 49 40,977	7 55,9	20 46	15 46	19 44,7	16 39
710,5	19 53 37,536	7 59,9	20 35	15 46	20 47,0	14 00
711,5	19 57 34,093	8 03,9	20 23	15 46	21 46,9	10 26
712,5	20 01 30,646	8 07,9	20 12	15 46	22 44,0	6 18
713,5	20 05 27,197	8 11,9	19 59	15 46	23 38,6	- 1 55
714,5	20 09 23,748	8 15,8	19 47	15 46	0 31,2	+ 2 25
715,5	20 13 20,299	8 19,8	19 34	15 46	1 22,2	6 30
716,5	20 17 16,852	8 23,7	19 21	15 46	2 12,4	10 08
717,5	20 21 13,406	8 27,7	19 07	15 47	3 02,3	13 12
718,5	20 25 09,962	8 31,6	18 53	15 47	3 52,1	15 37
719,5	20 29 06,519	8 35,5	18 39	15 47	4 42,0	17 18
720,5	20 33 03,077	8 39,4	+18 25	15 47	5 31,9	+18 11

Föld: 5-én 01^h21^m-kor naptávolban (KözEI)

I. AUGUSZTUS

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

Hold: 2-án 0^h-kor földtávolban
 17-én 0^h-kor földközélen
 29-én 14^h-kor földtávolban

HÓNAP

0 ^h viláigidőkor						
Julian dátum 2443...	Csillagidő (A=0 ^h -nál)	NAP			HOLD	
		RA	D	látszó sugara	RA	D
	h m s	h m	° ′	′ ″	h m	° ′
721,5	20 36 59,635	8 43,3	+ 18 10	15 47	6 21,8	+ 18 16
722,5	20 40 56,193	8 47,2	17 55	15 47	7 11,4	17 34
723,5	20 44 52,750	8 51,1	17 39	15 47	8 00,5	16 05
724,5	20 48 49,305	8 54,9	17 24	15 47	8 48,8	13 55
725,5	20 52 45,859	8 58,8	17 08	15 47	9 36,5	11 10
726,5	20 56 42,411	9 02,6	16 52	15 48	10 23,6	7 55
727,5	21 00 38,961	9 06,5	16 35	15 48	11 10,4	4 18
728,5	21 04 35,511	9 10,3	16 18	15 48	11 57,4	+ 0 28
729,5	21 08 32,060	9 14,1	16 01	15 48	12 45,1	- 3 27
730,5	21 12 28,611	9 17,9	15 44	15 48	13 34,2	7 17
731,5	21 16 25,162	9 21,7	15 26	15 48	14 25,2	10 51
732,5	21 20 21,716	9 25,5	15 09	15 49	15 18,8	13 58
733,5	21 24 18,273	9 29,3	14 51	15 49	16 15,1	16 23
734,5	21 28 14,831	9 33,0	14 32	15 49	17 14,1	17 52
735,5	21 32 11,391	9 36,8	14 14	15 49	18 15,3	18 14
736,5	21 36 07,951	9 40,5	13 55	15 49	19 17,6	17 22
737,5	21 40 04,509	9 44,3	13 36	15 49	20 19,7	15 17
738,5	21 44 01,064	9 48,0	13 17	15 50	21 20,5	12 09
739,5	21 47 57,617	9 51,7	12 58	15 50	22 19,3	8 14
740,5	21 51 54,167	9 55,4	12 38	15 50	23 15,9	- 3 53
741,5	21 55 50,715	9 59,1	12 19	15 50	0 10,6	+ 0 35
742,5	21 59 47,264	10 02,8	11 59	15 50	1 03,6	4 52
743,5	22 03 43,814	10 06,5	11 38	15 51	1 55,5	8 47
744,5	22 07 40,365	10 10,2	11 18	15 51	2 46,6	12 08
745,5	22 11 36,918	10 13,9	10 58	15 51	3 37,4	14 49
746,5	22 15 33,473	10 17,5	10 37	15 51	4 27,9	16 44
747,5	22 19 30,029	10 21,2	10 16	15 51	5 18,3	17 53
748,5	22 23 26,585	10 24,9	9 55	15 52	6 08,3	18 12
749,5	22 27 23,140	10 28,5	9 34	15 52	6 58,0	17 44
750,5	22 31 19,695	10 32,2	9 13	15 52	7 47,2	16 29
751,5	22 35 16,249	10 35,8	+ 8 51	15 52	8 35,8	+ 14 31

I. SZEPTEMBER

DÁTUM	A HÉT napjai	Év hányadik hete	Év hányadik napja	KÖZÉP-EURÓPAI zónaidőben (KözEI)					A HOLD fény-változásai
				Budapest					
				A NAP			A HOLD		
				kel	delel	nyugszik	kel	nyugszik	
				h m	h m	h m	h m	h m	h m
1	P	(36)	244	5 02	11 44	18 26	3 42	17 43	
2	Sz		245	5 03	11 44	18 24	4 42	18 11	● 17 10
3	V		246	5 05	11 44	18 22	5 44	18 39	
4	H	37	247	5 06	11 43	18 20	6 47	19 05	
5	K		248	5 07	11 43	18 18	7 51	19 34	
6	Sz		249	5 09	11 43	18 16	8 57	20 04	
7	Cs		250	5 10	11 42	18 14	10 03	20 38	
8	P		251	5 11	11 42	18 12	11 10	21 16	
9	Sz		252	5 13	11 42	18 10	12 16	22 01	
10	V		253	5 14	11 41	18 08	13 19	22 52) 04 21
11	H	38	254	5 15	11 41	18 06	14 18	23 53	
12	K		255	5 17	11 41	18 03	15 10	—	
13	Sz		256	5 18	11 40	18 01	15 57	0 59	
14	Cs		257	5 19	11 40	17 59	16 38	2 12	
15	P		258	5 21	11 39	17 57	17 13	3 27	
16	Sz		259	5 22	11 39	17 55	17 47	4 42	○ 20 02
17	V		260	5 23	11 39	17 53	18 19	5 56	
18	H	39	261	5 25	11 38	17 51	18 50	7 09	
19	K		262	5 26	11 38	17 49	19 22	8 19	
20	Sz		263	5 27	11 38	17 47	19 56	9 27	
21	Cs		264	5 29	11 37	17 45	20 33	10 31	
22	P		265	5 30	11 37	17 43	21 13	11 30	
23	Sz		266	5 31	11 37	17 41	21 58	12 25	
24	V		267	5 33	11 36	17 39	22 46	13 14	
25	H	40	268	5 34	11 36	17 37	23 38	13 58	(06 08
26	K		269	5 35	11 36	17 35	—	14 37	
27	Sz		270	5 37	11 35	17 33	0 33	15 12	
28	Cs		271	5 38	11 35	17 31	1 31	15 43	
29	P		272	5 39	11 35	17 29	2 31	16 12	
30	Sz		273	5 41	11 34	17 27	3 32	16 41	

Hold: 14-én 11^h-kor földközélen
26-án 07^h-kor földtávolban

HÓNAP

0 ^b világidőkor						
Julian dátum 2443...	Csillagidő ($\lambda=0^{\text{h}}$ -nál)	NAP			HOLD	
		RA	D	látászó sugara	RA	D
	h m s	h m	° ′	′ ″	h m	° ′
...752,5	22 39 12,801	10 39,4	+ 8 29	15 52	9 23,8	+11 56
753,5	22 43 09,351	10 43,1	8 08	15 53	10 11,3	8 48
754,5	22 47 05,900	10 46,7	7 46	15 53	10 58,6	5 16
755,5	22 51 02,448	10 50,3	7 24	15 53	11 46,0	+ 1 28
756,5	22 54 58,995	10 53,9	7 02	15 53	12 34,0	- 2 28
757,5	22 58 55,543	10 57,5	6 39	15 54	13 23,0	6 21
758,5	23 02 52,093	11 01,1	6 17	15 54	14 13,6	9 59
759,5	23 06 48,644	11 04,7	5 55	15 54	15 06,1	13 11
760,5	23 10 45,198	11 08,3	5 32	15 54	16 00,8	15 45
761,5	23 14 41,754	11 11,9	5 09	15 55	16 57,8	17 28
762,5	23 18 38,311	11 15,5	4 47	15 55	17 56,7	18 10
763,5	23 22 34,869	11 19,1	4 24	15 55	18 56,7	17 43
764,5	23 26 31,426	11 22,7	4 01	15 55	19 56,9	16 07
765,5	23 30 27,980	11 26,3	3 38	15 56	20 56,6	13 27
766,5	23 34 24,532	11 29,9	3 15	15 56	21 55,0	9 55
767,5	23 38 21,081	11 33,5	2 52	15 56	22 51,8	5 47
768,5	23 42 17,628	11 37,1	2 29	15 56	23 47,2	- 1 22
769,5	23 46 14,175	11 40,6	2 06	15 57	0 41,3	+ 3 03
770,5	23 50 10,723	11 44,2	1 42	15 57	1 34,4	7 12
771,5	23 54 07,273	11 47,8	1 19	15 57	2 26,9	10 51
772,5	23 58 03,824	11 51,4	0 56	15 57	3 18,9	13 52
773,5	0 02 00,378	11 55,0	0 33	15 58	4 10,6	16 06
774,5	0 05 56,932	11 58,6	+ 0 09	15 58	5 01,8	17 32
775,5	0 09 53,487	12 02,2	- 0 14	15 58	5 52,6	18 08
776,5	0 13 50,042	12 05,8	0 38	15 58	6 42,7	17 55
777,5	0 17 46,597	12 09,4	1 01	15 59	7 32,2	16 55
778,5	0 21 43,150	12 13,0	1 24	15 59	8 20,9	15 10
779,5	0 25 39,702	12 16,6	1 48	15 59	9 09,0	12 46
780,5	0 29 36,252	12 20,2	2 11	15 59	9 56,7	9 48
781,5	0 33 32,801	12 23,8	- 2 34	16 00	10 44,1	+ 6 23

Föld: 23-án 10^h26^m-kor ősz kezdete (KözEI)

I. OKTÓBER

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

Hold: 11-én 17^h-kor földközélen
24-én 02^h-kor földtávolban

HÓNAP

0^b világidőkor

Julián dátum 2443...	Csillagidő ($\lambda=0^b$ -nál)	NAP			HOLD	
		RA	D	látászó sugara	RA	D
	h m s	h m	° ' "	' "	h m	° ' "
...782,5	0 37 29,348	12 27,4	— 2 58	16 00	11 31,8	+ 2 37
783,5	0 41 25,895	12 31,0	3 21	16 00	12 20,1	— 1 20
784,5	0 45 22,443	12 34,7	3 44	16 01	13 09,5	5 19
785,5	0 49 18,991	12 38,3	4 07	16 01	14 00,5	9 06
786,5	0 53 15,542	12 41,9	4 31	16 01	14 53,3	12 29
787,5	0 57 12,095	12 45,6	4 54	16 01	15 48,1	15 15
788,5	1 01 08,651	12 49,2	5 17	16 02	16 44,9	17 11
789,5	1 05 05,208	12 52,9	5 40	16 02	17 43,1	18 07
790,5	1 09 01,765	12 56,5	6 03	16 02	18 42,1	17 57
791,5	1 12 58,322	13 00,2	6 25	16 03	19 41,1	16 40
792,5	1 16 54,877	13 03,9	6 48	16 03	20 39,4	14 21
793,5	1 20 51,430	13 07,6	7 11	16 03	21 36,5	11 09
794,5	1 24 47,980	13 11,3	7 33	16 03	22 32,2	7 18
795,5	1 28 44,529	13 15,0	7 56	16 04	23 26,7	— 3 02
796,5	1 32 41,077	13 18,7	8 18	16 04	0 20,2	+ 1 21
797,5	1 36 37,625	13 22,4	8 40	16 04	1 13,2	5 36
798,5	1 40 34,174	13 26,1	9 02	16 04	2 05,9	9 29
799,5	1 44 30,726	13 29,8	9 24	16 05	2 58,4	12 48
800,5	1 48 27,280	13 33,6	9 46	16 05	3 50,8	15 24
801,5	1 52 23,835	13 37,4	10 08	16 05	4 43,0	17 11
802,5	1 56 20,391	13 41,1	10 29	16 06	5 34,7	18 06
803,5	2 00 16,947	13 44,9	10 51	16 06	6 25,6	18 10
804,5	2 04 13,503	13 48,7	11 12	16 06	7 15,7	17 25
805,5	2 08 10,059	13 52,5	11 33	16 06	8 04,8	15 55
806,5	2 12 06,612	13 56,3	11 54	16 07	8 52,9	13 44
807,5	2 16 03,164	14 00,1	12 15	16 07	9 40,4	10 58
808,5	2 19 59,715	14 04,0	12 35	16 07	10 27,6	7 42
809,5	2 23 56,265	14 07,8	12 55	16 07	11 14,9	4 02
810,5	2 27 52,814	14 11,7	13 16	16 08	12 02,8	+ 0 07
811,5	2 31 49,362	14 15,6	13 35	16 08	12 52,0	— 3 54
812,5	2 35 45,912	14 19,5	—13 55	16 08	13 42,9	— 7 51

I. NOVEMBER

DÁTUM	A HÉT napjai	Év hányadik hete	Év hányadik napja	KÖZÉP-EURÓPAI zónaidőben (KözEI)					A HOLD fény-változásai
				Budapesten					
				A NAP			A HOLD		
				kel	delel	nyugszik	kel	nyugszik	
				h m	h m	h m	h m	h m	
1	Sz	(45)	305	6 27	11 28	16 28	6 48	17 14	
2	Cs		306	6 29	11 28	16 26	7 57	17 55	
3	P		307	6 30	11 28	16 25	9 05	18 43	
4	Sz		308	6 32	11 28	16 23	10 08	19 38	
5	V		309	6 33	11 28	16 22	11 04	20 41	
6	H	46	310	6 35	11 28	16 20	11 54	21 49	
7	K		311	6 36	11 28	16 19	12 37	22 59	☽ 17 19
8	Sz		312	6 38	11 28	16 17	13 13	—	
9	Cs		313	6 39	11 28	16 16	13 46	0 10	
10	P		314	6 41	11 28	16 15	14 18	1 22	
11	Sz		315	6 42	11 28	16 13	14 48	2 33	
12	V		316	6 44	11 28	16 12	15 18	3 42	
13	H	47	317	6 45	11 28	16 11	15 49	4 51	
14	K		318	6 47	11 29	16 10	16 23	5 58	☉ 21 01
15	Sz		319	6 48	11 29	16 09	17 01	7 02	
16	Cs		320	6 50	11 29	16 08	17 42	8 02	
17	P		321	6 51	11 29	16 07	18 28	8 57	
18	Sz		322	6 53	11 29	16 05	19 17	9 47	
19	V		323	6 54	11 29	16 04	20 11	10 31	
20	H	48	324	6 56	11 30	16 03	21 07	11 10	
21	K		325	6 57	11 30	16 03	22 04	11 44	
22	Sz		326	6 59	11 30	16 02	23 03	12 15	☾ 22 25
23	Cs		327	7 00	11 30	16 01	—	12 43	
24	P		328	7 01	11 31	16 00	0 04	13 10	
25	Sz		329	7 03	11 31	15 59	1 06	13 36	
26	V		330	7 04	11 31	15 58	2 12	14 04	
27	H	49	331	7 05	11 32	15 58	3 17	14 35	
28	K		332	7 07	11 32	15 57	4 26	15 08	
29	Sz		333	7 08	11 32	15 56	5 37	15 47	
30	Cs		334	7 09	11 33	15 56	6 48	16 32	● 09 20

Hold: 5-én 13^h-kor földközelen
20-án 23^h-kor földtávolban

HÓNAP

0^h világidőkor

Julián dátum 2443 ...	Csillagidő ($\lambda = 0^h$ -nál)	NAP			HOLD	
		RA	D	látászó sugara	RA	D
	h m s	h m	° ′	′ ″	h m	° ′
...813,5	2 39 42,464	14 23,4	-14 15	16 08	14 36,0	-11 29
814,5	2 43 39,019	14 27,3	14 34	16 09	15 31,4	14 34
815,5	2 47 35,576	14 31,2	14 53	16 09	16 29,0	16 50
816,5	2 51 32,135	14 35,1	15 12	16 09	17 28,3	18 06
817,5	2 55 28,695	14 39,1	15 30	16 09	18 28,3	18 14
818,5	2 59 25,255	14 43,1	15 48	16 10	19 28,0	17 12
819,5	3 03 21,813	14 47,0	16 06	16 10	20 26,6	15 06
820,5	3 07 18,368	14 51,0	16 24	16 10	21 23,5	12 07
821,5	3 11 14,921	14 55,1	16 42	16 10	22 18,5	8 26
822,5	3 15 11,472	14 59,1	16 59	16 11	23 12,1	4 20
823,5	3 19 08,022	15 03,1	17 16	16 11	0 04,5	- 0 02
824,5	3 23 04,573	15 07,2	17 32	16 11	0 56,3	+ 4 13
825,5	3 27 01,124	15 11,2	17 49	16 11	1 48,0	8 12
826,5	3 30 57,677	15 15,3	18 04	16 12	2 39,8	11 43
827,5	3 34 54,233	15 19,4	18 20	16 12	3 31,9	14 36
828,5	3 38 50,790	15 23,5	18 35	16 12	4 24,2	16 44
829,5	3 42 47,348	15 27,6	18 50	16 12	5 16,3	18 00
830,5	3 46 43,908	15 31,8	19 05	16 12	6 08,0	18 24
831,5	3 50 40,466	15 35,9	19 19	16 13	6 58,8	17 57
832,5	3 54 37,025	15 40,1	19 33	16 13	7 48,5	16 42
833,5	3 58 33,581	15 44,3	19 47	16 13	8 37,0	14 45
834,5	4 02 30,137	15 48,5	20 00	16 13	9 24,5	12 11
835,5	4 06 26,691	15 52,7	20 13	16 13	10 11,3	9 06
836,5	4 10 23,243	15 56,9	20 26	16 14	10 57,8	5 36
837,5	4 14 19,795	16 01,1	20 38	16 14	11 44,7	+ 1 48
838,5	4 18 16,346	16 05,4	20 50	16 14	12 32,6	- 2 11
839,5	4 22 12,898	16 09,6	21 01	16 14	13 22,3	6 10
840,5	4 26 09,452	16 13,9	21 12	16 14	14 14,2	10 00
841,5	4 30 06,008	16 18,2	21 23	16 14	15 08,9	13 24
842,5	4 34 02,566	16 22,5	-21 33	16 15	16 06,6	-16 07

I. DECEMBER

DÁTUM	A HÉT napjai	Év hányadik hete	Év hányadik napja	KÖZÉP-EURÓPAI zónaidőben (KözEI)					A HOLD fényváltásai
				Budapesten					
				A NAP			A HOLD		
				kel	delel	nyugszik	kel	nyugszik	
			h m	h m	h m	h m	h m	h m	
1	P	(49)	335	7 11	11 33	15 55	7 55	17 26	
2	Sz		336	7 12	11 33	15 55	8 56	18 27	
3	V		337	7 13	11 34	15 55	9 50	19 36	
4	H	50	338	7 14	11 34	15 54	10 37	20 48	
5	K		339	7 15	11 35	15 54	11 17	22 01	
6	Sz		340	7 16	11 35	15 54	11 51	23 13	
7	Cs		341	7 18	11 35	15 53	12 22	—	☽ 01 35
8	P		342	7 19	11 36	15 53	12 52	0 23	
9	Sz		343	7 20	11 36	15 53	13 21	1 33	
10	V		344	7 21	11 37	15 53	13 52	2 41	
11	H	51	345	7 22	11 37	15 53	14 24	3 47	
12	K		346	7 22	11 38	15 53	14 59	4 51	
13	Sz		347	7 23	11 38	15 53	15 38	5 52	
14	Cs		348	7 24	11 39	15 53	16 21	6 49	○ 13 31
15	P		349	7 25	11 39	15 53	17 09	7 42	
16	Sz		350	7 25	11 40	15 53	18 01	8 28	
17	V		351	7 26	11 40	15 54	18 56	9 09	
18	H	52	352	7 27	11 41	15 54	19 53	9 44	
19	K		353	7 28	11 41	15 54	20 52	10 17	
20	Sz		354	7 28	11 42	15 55	21 51	10 46	
21	Cs		355	7 29	11 42	15 55	22 52	11 12	
22	P		356	7 29	11 43	15 56	23 54	11 39	☾ 18 42
23	Sz		357	7 30	11 43	15 56	—	12 05	
24	V		358	7 30	11 44	15 57	0 58	12 33	
25	H	53	359	7 31	11 44	15 58	2 04	13 04	
26	K		360	7 31	11 45	15 58	3 12	13 39	
27	Sz		361	7 31	11 45	15 59	4 22	14 20	
28	Cs		362	7 32	11 46	16 00	5 32	15 09	
29	P		363	7 32	11 46	16 00	6 37	16 06	● 20 37
30	Sz		364	7 32	11 47	16 01	7 37	17 13	
31	V		365	7 32	11 47	16 02	8 30	18 26	

Hold: 2-án 17^h-kor földközélen
 18-án 17^h-kor földtávolban
 30-án 23^h-kor földközélen

HÓNAP

0 ^h világitdőkör						
Julián dátum 2443...	Csillagidő ($\lambda=0^h$ -nál)	NAP			HOLD	
		RA	D	latszo sugara	RA	D
	h m s	h m	° ′	′ ″	h m	° ′
...843,5	4 37 59,128	16 26,8	-21 43	16 15	17 06,7	-17 52
844,5	4 41 55,691	16 31,1	21 52	16 15	18 08,4	18 28
845,5	4 45 52,253	16 35,4	22 01	16 15	19 10,3	17 49
846,5	4 49 48,815	16 39,7	22 09	16 15	20 11,2	15 59
847,5	4 53 45,374	16 44,1	22 18	16 15	21 10,0	13 09
848,5	4 57 41,930	16 48,4	22 25	16 15	22 06,4	9 34
849,5	5 01 38,484	16 52,8	22 32	16 16	23 00,6	5 30
850,5	5 05 35,036	16 57,2	22 39	16 16	23 53,1	- 1 13
851,5	5 09 31,588	17 01,6	22 46	16 16	0 44,4	+ 3 02
852,5	5 13 28,141	17 06,0	22 51	16 16	1 35,1	7 05
853,5	5 17 24,696	17 10,3	22 57	16 16	2 25,9	10 43
854,5	5 21 21,253	17 14,7	23 02	16 16	3 16,9	13 47
855,5	5 25 17,811	17 19,2	23 06	16 16	4 08,4	16 10
856,5	5 29 14,371	17 23,6	23 11	16 16	5 00,1	17 44
857,5	5 33 10,932	17 28,0	23 14	16 17	5 51,8	18 28
858,5	5 37 07,493	17 32,4	23 17	16 17	6 42,9	18 19
859,5	5 41 04,053	17 36,8	23 20	16 17	7 33,1	17 21
860,5	5 45 00,612	17 41,3	23 22	16 17	8 22,2	15 38
861,5	5 48 57,169	17 45,7	23 24	16 17	9 10,1	13 16
862,5	5 52 53,725	17 50,1	23 25	16 17	9 56,9	10 22
863,5	5 56 50,280	17 54,6	23 26	16 17	10 43,0	7 02
864,5	6 00 46,833	17 59,0	23 26	16 17	11 29,0	+ 3 23
865,5	6 04 43,385	18 03,4	23 26	16 17	12 15,5	- 0 29
866,5	6 08 39,938	18 07,9	23 26	16 17	13 03,2	4 25
867,5	6 12 36,492	18 12,3	23 25	16 17	13 52,9	8 16
868,5	6 16 33,048	18 16,8	23 23	16 17	14 45,2	11 50
869,5	6 20 29,606	18 21,2	23 21	16 17	15 40,7	14 53
870,5	6 24 26,167	18 25,6	23 18	16 17	16 39,4	17 09
871,5	6 28 22,730	18 30,1	23 16	16 17	17 41,0	18 21
872,5	6 32 19,294	18 34,5	23 12	16 17	18 44,1	18 19
873,5	6 36 15,857	18 38,9	-23 08	16 17	19 47,4	-16 58

Föld: 22-én 06^h 21^m-kor tél kezdete (KözEI)

**II. A Nap forgási tengelyének helyzete és a napkorong középpontjának
héliografikus koordinátái 0^b világidőkor**

Dátum	P	B _h	L _h	Dátum	P	B _h	L _h
I. 5	+ 0,3	-3,5	167,6	VII. 4	- 1,5	+3,2	311,8
10	- 2,2	4,0	101,8	9	+ 0,8	3,7	245,7
15	4,5	4,6	36,0	14	3,0	4,2	179,5
20	6,9	5,0	330,1	19	5,2	4,7	113,3
25	9,1	5,5	264,3	24	7,4	5,2	47,2
30	11,2	5,9	198,5	29	9,5	5,6	341,0
II. 4	13,3	6,2	132,6	VIII. 3	11,5	5,9	274,9
9	15,2	6,5	66,8	8	13,4	6,3	208,8
14	17,0	6,8	1,0	13	15,2	6,5	142,7
19	18,6	7,0	295,1	18	16,9	6,8	76,6
24	20,1	7,1	229,3	23	18,5	7,0	10,5
III. 1	21,5	7,2	163,4	28	19,9	7,1	304,5
6	22,7	7,3	97,5	IX. 2	21,3	7,2	238,4
11	23,7	7,2	31,7	7	22,4	7,3	172,4
16	24,6	7,2	325,8	12	23,5	7,2	106,4
21	25,3	7,0	259,8	17	24,4	7,2	40,3
26	25,8	6,8	193,9	22	25,1	7,1	334,3
31	26,1	6,6	128,0	27	25,7	6,9	268,3
IV. 5	26,3	6,3	62,0	X. 2	26,1	6,7	202,4
10	26,3	6,0	356,0	7	26,3	6,4	136,4
15	26,1	5,6	290,0	12	26,3	6,1	70,4
20	25,7	5,2	224,0	17	26,2	5,7	4,5
25	25,2	4,8	157,9	22	25,8	5,3	298,5
30	24,4	4,3	91,9	27	25,3	4,9	232,6
V. 5	23,5	3,8	25,8	XI. 1	24,6	4,4	166,7
10	22,4	3,2	319,7	6	23,7	3,9	100,7
15	21,1	2,7	253,5	11	22,6	3,3	34,8
20	19,7	2,1	187,4	16	21,3	2,7	328,9
25	18,1	1,5	121,3	21	19,8	2,1	263,0
30	16,3	0,9	55,1	26	18,1	1,5	197,1
VI. 4	14,5	-0,3	348,9	XII. 1	16,3	0,9	131,2
9	12,5	+0,3	282,8	6	14,3	+0,3	65,3
14	10,4	0,9	216,6	11	12,1	-0,4	359,4
19	8,2	1,5	150,4	16	9,9	1,0	293,5
24	6,0	2,1	84,2	21	7,6	1,7	227,7
29	- 3,8	+2,6	18,0	26	5,2	2,3	161,8
				31	+ 2,8	-2,9	95,9

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

III. A HOLDKORONG sugara
0^b világidőkor

Dátum	' "	Dátum	' "	Dátum	' "
I. 1	15 20	V. 1	15 57	IX. 1	14 50
4	16 00	4	15 33	4	15 08
7	16 37	7	15 09	7	15 32
10	16 37	10	14 50	10	16 00
13	15 57	13	14 46	13	16 22
16	15 13	16	15 04	16	16 21
19	14 47	19	15 43	19	15 50
22	14 44	22	16 22	22	15 10
25	14 55	25	16 32	25	14 48
28	15 15	28	16 08	28	14 50
31	15 44	31	15 34	X. 1	15 10
II. 3	16 16	VI. 3	15 07	4	15 36
6	16 32	6	14 49	7	15 57
9	16 11	9	14 43	10	16 10
12	15 29	12	14 54	13	16 10
15	14 55	15	15 27	16	15 51
18	14 45	18	16 13	19	15 19
21	14 56	21	16 42	22	14 53
24	15 18	24	16 27	25	14 48
27	15 42	27	15 46	28	15 07
III. 2	16 03	VII. 30	15 09	31	15 40
5	16 17	3	14 48	XI. 3	16 05
8	16 09	6	14 42	6	16 11
11	15 39	9	14 49	9	16 02
14	15 04	12	15 13	12	15 45
17	14 47	15	15 54	15	15 20
20	14 54	18	16 35	18	14 56
23	15 20	21	16 41	21	14 46
26	15 49	24	16 05	24	14 59
29	16 06	27	15 20	27	15 34
IV. 1	16 09	30	14 51	30	16 12
4	16 00	VIII. 2	14 42	3	16 26
7	15 38	5	14 48	6	16 09
10	15 10	8	15 07	9	15 42
13	14 49	11	15 38	12	15 16
16	14 50	14	16 16	15	14 56
19	15 15	17	16 38	18	14 44
22	15 51	20	16 20	21	14 50
25	16 17	23	15 37	24	15 19
28	16 16	26	14 59	27	16 05
		29	14 44	30	16 37

IV. A szabad szemmel

Merkur

Dátum	0 ^b világidőkor					KözEI-ben Budapesten			
	RA	D	látszó sugár	r	m	kel	delel	nyugszik	
	h m	°	"	cs. e.	magn.	h m	h m	h m	
I.	1	17 22,3	-20 10	4,17	0,80	+0,5	5 54	10 24	14 53
	6	17 29,5	20 50	3,69	0,91	+0,2	5 46	10 12	14 38
	11	17 47,1	21 44	3,32	1,01	0,0	5 50	10 11	14 32
	16	18 10,9	22 31	3,04	1,10	-0,1	5 59	10 15	14 32
	21	18 38,4	22 58	2,84	1,17	0,1	6 09	10 23	14 37
II.	26	19 08,4	23 00	2,69	1,24	0,2	6 20	10 34	14 48
	31	19 39,8	22 32	2,58	1,29	0,2	6 29	10 46	15 02
	5	20 12,3	21 31	2,50	1,34	0,3	6 36	10 59	15 21
	10	20 45,4	19 57	2,45	1,37	0,4	6 41	11 12	15 43
	15	21 19,0	17 49	2,41	1,38	0,6	6 44	11 26	16 08
III.	20	21 53,0	15 05	2,40	1,39	0,9	6 45	11 40	16 36
	25	22 27,3	11 47	2,42	1,38	1,2	6 44	11 55	17 06
	2	23 02,0	7 56	2,47	1,35	1,4	6 41	12 10	17 38
	7	23 36,7	- 3 37	2,57	1,30	1,3	6 37	12 25	18 13
	12	0 10,7	+ 0 58	2,75	1,22	1,1	6 31	12 39	18 47
IV.	17	0 42,1	5 26	3,03	1,10	0,8	6 23	12 50	19 18
	22	1 08,0	9 16	3,44	0,97	-0,4	6 11	12 56	19 40
	27	1 25,3	11 57	3,99	0,84	+0,5	5 55	12 52	19 49
	1	1 32,0	13 07	4,63	0,72	1,3	5 35	12 38	19 41
	6	1 28,3	12 39	5,25	0,64	2,2	5 13	12 14	19 14
V.	11	1 17,6	10 48	5,68	0,59	3,0	4 51	11 43	18 35
	16	1 05,6	8 15	5,79	0,58	2,7	4 32	11 12	17 52
	21	0 57,9	5 57	5,59	0,60	1,9	4 15	10 45	17 15
	26	0 57,0	4 32	5,20	0,64	1,5	4 02	10 25	16 48
	1	1 03,2	4 12	4,76	0,70	1,2	3 50	10 12	16 34
VI.	6	1 15,5	4 50	4,32	0,77	0,9	3 41	10 05	16 30
	11	1 32,8	6 17	3,93	0,85	0,6	3 32	10 03	16 34
	16	1 54,4	8 23	3,58	0,93	0,4	3 25	10 05	16 46
	21	2 20,1	10 59	3,28	1,02	+0,2	3 19	10 12	17 04
	26	2 49,8	13 55	3,02	1,10	-0,2	3 16	10 22	17 29
VI.	31	3 24,1	17 01	2,82	1,19	0,6	3 15	10 37	17 59
	5	4 03,2	20 01	2,66	1,26	1,1	3 19	10 57	18 35
	10	4 47,2	22 35	2,56	1,31	1,5	3 30	11 22	19 14
	15	5 34,5	24 19	2,52	1,32	1,7	3 47	11 50	19 52
	20	6 22,2	24 57	2,56	1,30	1,4	4 11	12 18	20 24
25	7 07,5	24 26	2,65	1,26	1,0	4 40	12 43	20 46	
30	7 48,5	+23 01	2,80	1,19	-0,5	5 09	13 04	20 59	

látható bolygók adatai

Merkur

Dátum	0 ^h világidőkor					KözEI-ben Budapesten		
	RA	D	látszó sugár	r	m	kel	delel	nyug- szik
	h m	° ′	″	cs. e.	magn.	h m	h m	h m
VII. 5	8 24,6	+20 57	2,98	1,12	-0,1	5 37	13 20	21 03
10	8 55,8	18 28	3,20	1,04	+0,2	6 01	13 31	21 00
15	9 22,1	15 48	3,46	0,96	0,4	6 21	13 37	20 52
20	9 43,6	13 07	3,76	0,89	0,6	6 35	13 38	20 41
25	10 00,0	10 38	4,10	0,81	0,8	6 43	13 34	20 25
	30 10 10,6	8 31	4,49	0,74	1,1	6 43	13 24	20 05
VIII. 4	10 14,5	7 04	4,89	0,68	1,3	6 33	13 08	19 42
9	10 10,7	6 31	5,26	0,64	1,7	6 11	12 43	19 15
14	9 59,7	7 08	5,48	0,61	2,5	5 37	12 12	18 47
19	9 44,5	8 49	5,42	0,62	2,9	4 55	11 37	18 20
	24 9 31,8	11 00	5 03	0,66	2,2	4 13	11 06	17 58
29	9 28,4	12 50	4,43	0,75	1,1	3 42	10 44	17 45
IX. 3	9 38,0	13 37	3,81	0,88	+0,3	3 30	10 35	17 40
8	9 59,7	13 01	3,29	1,01	-0,4	3 36	10 38	17 40
13	10 29,7	11 02	2,91	1,15	0,9	3 56	10 49	17 41
	18 11 03,5	8 00	2,66	1,25	1,1	4 24	11 03	17 42
23	11 37,8	4 21	2,51	1,33	1,3	4 55	11 17	17 40
28	12 11,1	+ 0 27	2,42	1,38	1,2	5 25	11 31	17 36
X. 3	12 43,1	- 3 27	2,37	1,41	1,1	5 55	11 43	17 31
8	13 14,0	7 13	2,36	1,42	0,9	6 22	11 54	17 26
	13 13 44,1	10 45	2,37	1,41	0,6	6 49	12 05	17 20
18	14 13,8	14 02	2,40	1,39	0,4	7 14	12 14	17 15
23	14 43,2	16 59	2,46	1,36	0,3	7 38	12 24	17 10
28	15 12,5	19 35	2,54	1,31	0,2	8 01	12 34	17 06
XI. 2	15 41,6	21 47	2,66	1,26	0,2	8 22	12 43	17 04
	7 16 10,2	23 31	2,82	1,18	0,2	8 41	12 52	17 03
12	16 37,2	24 45	3,04	1,10	-0,1	8 55	12 59	17 03
17	17 01,0	25 23	3,34	1,00	+0,1	9 03	13 02	17 02
22	17 18,0	25 21	3,75	0,89	0,2	8 59	12 59	16 59
27	17 22,7	24 33	4,27	0,78	0,7	8 37	12 42	16 47
	XII. 2 17 09,4	22 52	4,77	0,70	1,8	7 53	12 07	16 22
7	16 42,5	20 32	4,91	0,68	2,6	6 53	11 20	15 48
12	16 20,7	18 45	4,53	0,74	1,1	6 04	10 41	15 18
17	16 16,4	18 27	3,98	0,84	+0,3	5 40	10 18	14 57
22	16 27,2	19 17	3,51	0,95	0,0	5 36	10 10	14 45
	27 16 47,4	20 35	3,15	1,06	-0,2	5 44	10 11	14 39
I. 1	17 13,0	-21 54	2,90	1,15	-0,2	5 58	10 18	14 38

IV. A szabad szemmel

Vénusz

Dátum	0 ^o világidőkor					KözEI-ben Budapesten		
	RA	D	látszó sugár	r	m	kel	delel	nyug- szik
	h m	°	"	cs. e.	mag.	h m	h m	h m
I. 1	18 22,4	-23 38	4,94	1,70	-3,4	7 16	11 26	15 36
6	18 49,9	23 26	4,93	1,71	3,5	7 23	11 34	15 45
11	19 17,2	22 56	4,92	1,71	3,5	7 27	11 41	15 56
16	19 44,2	22 08	4,92	1,71	3,5	7 30	11 49	16 07
21	20 10,8	21 04	4,91	1,71	3,5	7 31	11 56	16 20
26	20 37,0	19 43	4,91	1,71	3,5	7 30	12 02	16 34
31	21 02,7	18 09	4,91	1,71	3,5	7 28	12 08	16 48
II. 5	21 27,9	16 21	4,92	1,71	3,5	7 24	12 13	17 03
10	21 52,6	14 22	4,93	1,71	3,4	7 20	12 18	17 17
15	22 16,8	12 14	4,94	1,70	3,4	7 14	12 23	17 32
20	22 40,6	9 57	4,95	1,70	3,4	7 07	12 27	17 46
25	23 03,9	7 33	4,97	1,69	3,4	7 00	12 30	18 01
III. 2	23 27,0	5 05	4,99	1,69	3,4	6 53	12 34	18 15
7	23 49,8	- 2 33	5,01	1,68	3,4	6 45	12 37	18 29
12	0 12,5	0 00	5,04	1,67	3,4	6 36	12 40	18 43
17	0 35,2	+ 2 34	5,07	1,66	3,4	6 28	12 43	18 57
22	0 57,9	5 07	5,11	1,65	3,4	6 20	12 46	19 12
27	1 20,7	7 37	5,15	1,63	3,3	6 12	12 49	19 26
IV. 1	1 43,7	10 02	5,19	1,61	3,3	6 04	12 52	19 40
6	2 07,0	12 22	5,24	1,60	3,3	5 57	12 56	19 55
11	2 30,7	14 35	5,30	1,59	3,3	5 50	13 00	20 10
16	2 54,7	16 38	5,36	1,57	3,3	5 44	13 04	20 24
21	3 19,2	18 31	5,43	1,55	3,3	5 39	13 09	20 39
26	3 44,1	20 12	5,50	1,53	3,3	5 36	13 14	20 53
V. 1	4 09,5	21 40	5,58	1,51	3,3	5 33	13 20	21 07
6	4 35,3	22 52	5,67	1,48	3,3	5 32	13 26	21 20
11	5 01,4	23 49	5,76	1,46	3,4	5 33	13 32	21 32
16	5 27,8	24 29	5,87	1,43	3,4	5 36	13 39	21 43
21	5 54,2	24 52	5,98	1,41	3,4	5 40	13 46	21 52
26	6 20,7	24 56	6,10	1,38	3,4	5 46	13 53	21 59
31	6 47,1	24 43	6,23	1,35	3,4	5 54	13 59	22 04
VI. 5	7 13,2	24 13	6,38	1,32	3,4	6 04	14 06	22 08
10	7 38,9	23 25	6,54	1,29	3,4	6 15	14 12	22 09
15	8 04,2	22 21	6,71	1,25	3,4	6 26	14 17	22 08
20	8 28,9	21 03	6,89	1,22	3,5	6 39	14 22	22 06
25	8 53,0	19 31	7,09	1,19	3,5	6 51	14 26	22 02
30	9 16,4	+17 46	7,31	1,15	-3,5	7 04	14 30	21 56

látható bolygók adatai

Vénusz

Dátum	0 ^b világdókor					KözEI-ben Budapest		
	RA	D	látszó sugár	r	m	kel	delel	nyug- szik
	h m	° ′	″	cs. e.	magn.	h m	h m	h m
VII. 5	9 39,2	+15 51	7,55	1,11	-3,5	7 17	14 33	21 49
10	10 01,4	13 47	7,80	1,08	3,6	7 30	14 36	21 41
15	10 23,0	11 34	8,09	1,04	3,6	7 42	14 37	21 33
20	10 44,0	9 16	8,39	1,00	3,6	7 54	14 39	21 23
25	11 04,4	6 52	8,73	0,96	3,7	8 06	14 39	21 13
30	11 24,4	4 25	9,09	0,92	3,7	8 17	14 39	21 02
VIII. 4	11 43,9	+ 1 56	9,50	0,89	3,7	8 27	14 39	20 51
9	12 03,1	- 0 34	9,94	0,85	3,8	8 38	14 39	20 40
14	12 21,8	3 04	10,43	0,81	3,8	8 48	14 38	20 28
19	12 40,2	5 32	10,97	0,77	3,9	8 57	14 36	20 15
24	12 58,2	7 57	11,57	0,73	3,9	9 06	14 34	20 03
29	13 15,8	10 18	12,24	0,69	4,0	9 14	14 32	19 50
IX. 3	13 33,0	12 34	12,98	0,65	4,1	9 22	14 30	19 37
8	13 49,7	14 42	13,82	0,61	4,1	9 29	14 27	19 24
13	14 05,7	16 43	14,76	0,57	4,1	9 36	14 23	19 10
18	14 20,9	18 35	15,82	0,53	4,2	9 40	14 18	18 56
23	14 34,9	20 16	17,02	0,49	4,2	9 43	14 12	18 41
28	14 47,5	21 46	18,37	0,46	4,3	9 44	14 05	18 26
X. 3	14 58,3	23 01	19,88	0,42	4,3	9 42	13 56	18 10
8	15 06,7	24 00	21,58	0,39	4,3	9 36	13 44	17 52
13	15 12,1	24 41	23,43	0,36	4,2	9 26	13 30	17 34
18	15 14,1	24 59	25,40	0,33	4,1	9 09	13 11	17 14
23	15 12,2	24 50	27,37	0,31	4,0	8 46	12 49	16 53
28	15 06,4	24 10	29,16	0,29	3,7	8 17	12 24	16 31
XI. 2	14 57,4	22 57	30,52	0,28	3,5	7 41	11 55	16 09
7	14 46,7	21 15	31,21	0,27	3,1	7 01	11 24	15 48
12	14 36,0	19 16	31,07	0,27	3,2	6 20	10 54	15 29
17	14 27,2	17 14	30,13	0,28	3,6	5 41	10 26	15 11
22	14 21,7	15 26	28,58	0,29	3,9	5 08	10 01	14 55
27	14 20,0	14 04	26,71	0,31	4,2	4 40	9 40	14 41
XII. 2	14 22,1	13 10	24,73	0,34	4,3	4 19	9 23	14 28
7	14 27,6	12 44	22,81	0,37	4,3	4 03	9 09	14 16
12	14 36,1	12 42	21,02	0,40	4,4	3 51	8 58	14 05
17	14 47,1	13 01	19,39	0,43	4,4	3 44	8 50	13 55
22	15 00,3	13 36	17,59	0,47	4,3	3 41	8 43	13 46
27	15 15,3	14 21	16,66	0,50	4,3	3 40	8 39	13 38
I. 1	15 31,9	-15 15	15,53	0,54	-4,3	3 41	8 36	13 30

Mars

Dátum	0 ^b világidőkor					KözEI-ben Budapesten		
	RA	D	látzó sugár	r	m	kel	delel	nyug- szik
	h m	° ′	″	cs. e.	magn.	h m	h m	h m
I 1	8 50,3	+21 43	6,80	0,69	-0,8	18 01	1 53	9 40
	11 8 37,6	22 52	7,09	0,66	1,0	17 03	1 01	8 55
	21 8 21,4	24 00	7,16	0,65	1,1	16 01	0 05	8 06
	31 8 04,8	24 52	7,00	0,67	1,0	14 58	23 04	7 14
II 10	7 51,0	25 20	6,63	0,71	0,8	14 03	22 12	6 25
III 2	7 42,1	25 26	6,15	0,76	0,5	13 14	21 24	5 38
	7 38,9	25 15	5,64	0,83	-0,2	12 33	20 42	4 54
	12 7 41,0	24 50	5,15	0,91	0,0	11 59	20 05	4 15
	22 7 47,7	24 15	4,70	1,00	+0,3	11 31	19 33	3 39
IV 1	7 58,1	23 30	4,31	1,09	0,5	11 06	19 04	3 06
V 1	11 8 11,3	22 35	3,97	1,18	0,7	10 46	18 38	2 34
	21 8 26,8	21 29	3,68	1,27	0,9	10 28	18 14	2 04
	1 8 43,8	20 14	3,43	1,36	1,0	10 13	17 52	1 35
	11 9 02,1	18 48	3,22	1,46	1,2	10 00	17 31	1 06
21 9 21,4	17 11	3,03	1,54	1,3	9 48	17 11	0 38	
VI 10	31 9 41,2	15 24	2,87	1,63	1,4	9 38	16 51	0 09
	10 10 01,6	13 28	2,74	1,71	1,5	9 28	16 32	23 37
	20 10 22,4	11 22	2,62	1,79	1,5	9 20	16 14	23 08
	30 10 43,5	9 09	2,51	1,86	1,6	9 12	15 56	22 40
VII 10	11 04,9	6 48	2,42	1,93	1,7	9 04	15 38	22 11
VIII 9	20 11 26,7	4 22	2,35	2,00	1,7	8 57	15 20	21 43
	30 11 48,8	+ 1 51	2,28	2,05	1,7	8 51	15 03	21 14
	9 12 11,3	- 0 43	2,22	2,11	1,7	8 46	14 46	20 46
	19 12 34,2	3 20	2,17	2,16	1,8	8 41	14 29	20 18
	29 12 57,7	5 56	2,12	2,20	1,8	8 36	14 14	19 51
IX 8	13 13 21,9	8 31	2,09	2,24	1,8	8 32	13 58	19 24
	18 13 46,8	11 02	2,06	2,28	1,8	8 29	13 44	18 58
	28 14 12,6	13 28	2,03	2,31	1,7	8 27	13 30	18 33
	X 8 14 39,3	15 46	2,01	2,33	1,7	8 26	13 18	18 10
18 15 07,1	17 52	1,99	2,35	1,7	8 25	13 06	17 48	
XI 7	28 15 35,9	19 46	1,97	2,37	1,7	8 24	12 56	17 27
	7 16 05,7	21 23	1,96	2,38	1,6	8 23	12 46	17 09
	17 16 36,6	22 41	1,96	2,39	1,6	8 22	12 38	16 53
	27 17 08,5	23 37	1,95	2,40	1,6	8 20	12 30	16 40
XII 7	17 41,1	24 08	1,95	2,40	1,5	8 16	12 23	16 30
17	18 14,2	24 15	1,95	2,40	1,5	8 10	12 17	16 23
	27 18 47,6	-23 54	1,95	2,40	+1,4	8 02	12 11	16 20

látható bolygók adatai

Jupiter

Dátum	0 ^o világidőkor					KözEI-ben Budapesten		
	RA	D	látzó sugár	r	m	kel	delel	nyug- szik
	h m	° ′	″	cs. e.	magn.	h m	h m	h m
I 1	5 59,6	+23 12	22,05	4,17	-2,3	15 02	22 58	6 58
11	5 54,0	23 13	21,80	4,22	2,3	14 17	22 13	6 13
21	5 49,3	23 14	21,41	4,29	2,2	13 33	21 30	5 30
31	5 45,8	23 15	20,91	4,39	2,2	12 51	20 47	4 47
II 10	5 43,6	23 15	20,34	4,52	2,1	12 09	20 05	4 06
20	5 42,9	23 17	19,73	4,66	2,0	11 29	19 26	3 26
III 2	5 43,6	23 18	19,11	4,81	2,0	10 51	18 47	2 48
12	5 45,7	23 20	18,49	4,97	1,9	10 13	18 10	2 11
22	5 49,1	23 23	17,91	5,13	1,8	9 37	17 34	1 35
IV. 1	5 53,7	23 25	17,37	5,29	1,8	9 02	16 59	1 01
11	5 59,4	23 26	16,88	5,45	1,7	8 29	16 26	0 27
21	6 05,9	23 27	16,43	5,59	1,6	7 56	15 53	23 50
V. 1	6 13,3	23 26	16,05	5,73	1,6	7 24	15 21	23 18
11	6 21,3	23 24	15,71	5,85	1,5	6 53	14 50	22 47
21	6 29,8	23 20	15,43	5,96	1,5	6 22	14 19	22 16
31	6 38,8	23 13	15,20	6,05	1,4	5 53	13 49	21 45
VI. 10	6 48,1	23 05	15,02	6,12	1,4	5 23	13 19	21 14
20	6 57,6	22 54	14,89	6,17	1,4	4 55	12 49	20 43
30	7 07,2	22 40	14,80	6,21	1,4	4 26	12 19	20 12
VII. 10	7 16,9	22 25	14,77	6,22	1,4	3 58	11 49	19 41
20	7 26,5	22 07	14,78	6,22	1,4	3 30	11 20	19 09
30	7 36,0	21 47	14,84	6,19	1,4	3 02	10 50	18 37
VIII. 9	7 45,3	21 26	14,95	6,15	1,4	2 34	10 20	18 05
19	7 54,3	21 04	15,11	6,08	1,4	2 06	9 49	17 33
29	8 02,9	20 41	15,32	6,00	1,4	1 37	9 18	17 00
IX. 8	8 11,0	20 17	15,58	5,90	1,5	1 08	8 47	16 26
18	8 18,6	19 55	15,89	5,78	1,5	0 38	8 15	15 53
28	8 25,5	19 33	16,25	5,65	1,6	0 08	7 43	15 18
X. 8	8 31,6	19 13	16,67	5,51	1,6	23 32	7 10	14 43
18	8 36,8	18 56	17,13	5,37	1,7	22 59	6 35	14 07
28	8 41,0	18 42	17,63	5,21	1,8	22 25	6 00	13 31
XI. 7	8 44,1	18 32	18,18	5,06	1,8	21 50	5 24	12 54
17	8 45,9	18 27	18,74	4,90	1,9	21 13	4 46	12 16
27	8 46,5	18 27	19,32	4,76	2,0	20 34	4 08	11 37
XII. 7	8 45,7	18 32	19,88	4,62	2,0	19 54	3 28	10 57
17	8 43,6	18 42	20,39	4,51	2,0	19 11	2 46	10 17
27	8 40,3	+18 57	20,83	4,41	-2,1	18 27	2 03	9 35

IV. A szabad szemmel látható bolygók adatai
Szатурusz

Dátum	0 ^b világidőkor					KözEI-ben Budapesten		
	RA	D	látszó sugár	r	m	kel	delel	nyug- szik
	h m	° '	''	cs. e.	magn.	h m	h m	h m
I. 1	10 11,0	+12 45	8,72	8,55	+0,6	20 08	3 13	10 14
11	10 09,3	12 56	8,84	8,43	0,5	19 26	2 32	9 34
21	10 07,1	13 10	8,94	8,34	0,4	18 44	1 51	8 54
31	10 04,4	13 27	9,01	8,28	0,4	18 00	1 09	8 13
II. 10	10 01,4	13 44	9,05	8,24	0,3	17 17	0 27	7 32
20	9 58,3	14 02	9,05	8,24	0,3	16 33	23 40	6 51
III. 2	9 55,3	14 18	9,02	8,27	0,3	15 49	22 58	6 10
12	9 52,5	14 33	8,96	8,33	0,4	15 06	22 16	5 29
22	9 50,0	14 46	8,86	8,41	0,4	14 23	21 34	4 49
IV. 1	9 48,1	14 56	8,75	8,52	0,5	13 41	20 53	4 08
11	9 46,7	15 02	8,62	8,65	0,5	13 00	20 12	3 28
21	9 46,1	15 05	8,47	8,80	0,6	12 20	19 32	2 48
V. 1	9 46,1	15 04	8,32	8,96	0,6	11 41	18 53	2 09
11	9 46,8	14 59	8,17	9,12	0,7	11 03	18 14	1 30
21	9 48,2	14 51	8,03	9,29	0,7	10 25	17 36	0 52
31	9 50,2	14 40	7,89	9,45	0,8	9 49	16 59	0 13
VI. 10	9 52,7	14 26	7,76	9,61	0,8	9 13	16 22	23 31
20	9 55,8	14 09	7,64	9,76	0,8	8 39	15 46	22 54
30	9 59,4	13 50	7,54	9,89	0,9	8 04	15 10	22 16
VII. 10	10 03,3	13 28	7,45	10,00	0,9	7 31	14 35	21 39
20	10 07,5	13 05	7,38	10,11	0,9	6 57	14 00	21 02
30	10 12,0	12 40	7,32	10,19	0,9	6 25	13 25	20 26
VIII. 9	10 16,7	12 14	7,28	10,24	0,9	5 52	12 50	19 49
19	10 21,5	11 48	7,26	10,28	0,9	5 20	12 16	19 12
29	10 26,3	11 21	7,25	10,29	0,9	4 47	11 41	18 36
IX. 8	10 31,1	10 54	7,26	10,27	0,9	4 15	11 07	17 59
18	10 35,8	10 27	7,29	10,23	1,0	3 42	10 32	17 22
28	10 40,4	10 01	7,33	10,17	1,0	3 09	9 57	16 45
X. 8	10 44,8	9 37	7,39	10,08	1,0	2 36	9 22	16 09
18	10 48,8	9 14	7,47	9,98	1,1	2 03	8 47	15 32
28	10 52,5	8 53	7,57	9,85	1,1	1 29	8 11	14 54
XI. 7	10 55,8	8 35	7,68	9,71	1,1	0 54	7 35	14 17
17	10 58,6	8 21	7,80	9,56	1,1	0 18	6 59	13 39
27	11 00,8	8 10	7,93	9,40	1,1	23 38	6 22	13 01
XII. 7	11 02,4	8 02	8,07	9,23	1,0	23 01	5 44	12 23
17	11 03,4	7 59	8,22	9,07	1,0	22 23	5 06	11 44
27	11 03,6	+ 8 01	8,37	8,91	+1,0	21 43	4 27	11 05

IVa. Az Uránusz és Neptunusz adatai

Dátum	0 ^h világidőkor					KözEI-ben Budapesten		
	RA	D	látszó sugár	r	m	kel	delel	nyug-szik
	h m	° ′	″	cs. e.	magn.	h m	h m	h m
<i>Uránusz</i>								
I. 1	14 51,8	-16 03	1,79	19,16	+5,9	3 03	7 54	12 44
31	14 55,5	16 19	1,84	18,68	5,9	1 10	5 59	10 48
III. 2	14 56,0	16 21	1,89	18,18	5,8	23 08	4 02	8 51
IV. 1	14 53,5	16 10	1,93	17,79	5,8	21 07	2 01	6 51
V. 1	14 48,9	15 49	1,95	17,62	5,7	19 03	23 55	4 50
31	14 44,1	15 28	1,94	17,71	5,7	16 58	21 52	2 50
VI. 30	14 40,7	15 13	1,90	18,04	5,8	14 56	19 51	0 50
VII. 30	14 40,1	15 11	1,85	18,51	5,8	12 57	17 52	22 47
VIII. 29	14 42,5	15 23	1,80	19,01	5,9	11 03	15 57	20 50
IX. 28	14 47,5	15 47	1,77	19,41	5,9	9 12	14 04	18 56
X. 28	14 54,3	16 17	1,75	19,63	6,0	7 23	12 13	17 02
XI. 27	15 01,8	16 49	1,75	19,60	6,0	5 35	10 22	15 09
XII. 27	15 08,4	-17 16	1,77	19,34	+5,9	3 46	8 31	13 15
<i>Neptunusz</i>								
I. 1	17 03,0	-21 22	1,17	31,19	+7,8	5 41	10 04	14 27
31	17 07,0	21 27	1,18	30,87	7,8	3 48	8 10	12 33
III. 2	17 09,3	21 28	1,20	30,39	7,8	1 52	6 15	10 37
IV. 1	17 09,6	21 27	1,22	29,89	7,7	23 50	4 17	8 40
V. 1	17 07,9	21 24	1,24	29,48	7,7	21 50	2 17	6 40
31	17 04,8	21 20	1,25	29,28	7,7	19 49	0 16	4 40
VI. 30	17 01,4	21 16	1,25	29,34	7,7	17 47	22 11	2 39
VII. 30	16 58,9	21 13	1,23	29,63	7,7	15 47	20 10	0 38
VIII. 29	16 57,9	21 23	1,22	30,09	7,8	13 49	18 12	22 35
IX. 28	16 59,0	21 16	1,20	30,59	7,8	11 51	16 15	20 38
X. 28	17 02,0	21 22	1,18	31,01	7,8	9 57	14 20	18 43
XI. 27	17 06,3	21 29	1,17	31,24	7,8	8 04	12 26	16 49
XII. 27	17 11,2	-21 35	1,17	31,23	+7,8	6 11	10 33	14 55

V. Bolygók héliocentrikus

DÁTUM	MERKUR		VÉNUSZ		FÖLD	
	λ	β	λ	β	λ	β
	°	°	°	°	°	0,001°-ban
I. 2	153,8	+6,7	269,5	-0,8	100,8	-4
12	195,0	+3,8	285,3	-1,7	111,0	-3
22	227,0	+0,1	301,1	-2,4	121,2	-3
II. 1	255,0	-3,2	316,9	-3,0	131,4	-3
11	283,0	-5,8	332,7	-3,3	141,5	-2
21	314,6	-7,0	348,6	-3,4	151,6	-1
III. 3	354,7	-5,6	4,5	-3,2	161,7	-1
13	48,3	+0,1	20,4	-2,8	171,7	0
23	110,5	+6,2	36,4	-2,2	181,6	+1
IV. 2	163,3	+6,3	52,4	-1,4	191,5	+1
12	202,1	+3,0	68,5	-0,5	201,3	+2
22	232,8	-0,6	84,6	+0,5	211,1	+2
V. 2	260,6	-3,8	100,8	+1,4	220,8	+3
12	289,0	-6,2	117,0	+2,2	230,5	+3
22	321,9	-7,0	133,2	+2,9	240,2	+3
VI. 1	4,4	-4,8	149,5	+3,3	249,8	+4
11	60,7	+1,6	165,7	+3,4	259,3	+4
21	122,4	+6,8	182,0	+3,3	268,9	+4
VII. 1	172,1	+5,8	198,1	+2,9	278,4	+4
11	208,8	+2,3	214,2	+2,3	288,0	+3
21	238,6	-1,3	230,2	+1,5	297,5	+3
31	266,2	-4,4	246,1	+0,6	307,1	+3
VIII. 10	295,2	-6,5	262,0	-0,3	316,6	+2
20	329,6	-6,9	277,8	-1,3	326,2	+2
30	14,7	-3,8	293,7	-2,1	335,9	+1
IX. 9	73,5	+3,1	309,5	-2,7	345,6	+1
19	133,8	+7,0	325,3	-3,2	355,3	0
29	180,4	+5,2	341,1	-3,4	5,1	-1
X. 9	215,2	+1,5	357,0	-3,3	15,0	-1
19	244,2	-2,0	12,9	-3,0	24,9	-2
29	271,8	-4,9	28,9	-2,5	34,8	-2
XI. 8	301,6	-6,7	44,9	-1,8	44,8	-3
18	337,7	-6,6	60,9	-0,9	54,9	-3
28	25,6	-2,7	77,0	+0,1	65,0	-4
XII. 8	86,3	+4,4	93,2	+1,0	75,1	-4
18	144,5	+7,0	109,4	+1,9	85,3	-4
28	188,2	+4,5	125,6	+2,6	95,5	-4

λ : ekliptikai hosszúság;

β : ekliptikai szélesség

ekliptikai koordinátái (0^h világitőkor)

DÁTUM		MARS		JUPITER		SZATURNUSZ	
		λ	β	λ	β	λ	β
		o	o	o	o	o	o
I.	2	112,1	+1,6	91,5	-0,2	145,1	+1,3
	12	116,7	+1,7	92,4	-0,2	145,5	+1,3
	22	121,2	+1,8	93,2	-0,2	145,8	+1,3
II.	1	125,7	+1,8	94,1	-0,1	146,2	+1,4
	11	130,2	+1,8	94,9	-0,1	146,6	+1,4
	21	134,6	+1,8	95,8	-0,1	146,9	+1,4
III.	3	139,0	+1,8	96,6	-0,1	147,3	+1,4
	13	143,4	+1,8	97,5	-0,1	147,6	+1,4
	23	147,8	+1,8	98,3	0,0	148,0	+1,4
IV.	2	152,2	+1,8	99,1	0,0	148,3	+1,4
	12	156,6	+1,8	100,0	0,0	148,7	+1,4
	22	160,9	+1,7	100,8	0,0	149,1	+1,5
V.	2	165,3	+1,7	101,7	0,0	149,4	+1,5
	12	169,7	+1,6	102,5	+0,1	149,8	+1,5
	22	174,1	+1,5	103,3	+0,1	150,1	+1,5
VI.	1	178,5	+1,4	104,2	+0,1	150,5	+1,5
	11	183,0	+1,3	105,0	+0,1	150,8	+1,5
	21	187,4	+1,2	105,8	+0,1	151,2	+1,5
VII.	1	192,0	+1,1	106,6	+0,2	151,5	+1,5
	11	196,5	+1,0	107,5	+0,2	151,9	+1,6
	21	201,1	+0,9	108,3	+0,2	152,3	+1,6
VIII.	31	205,8	+0,7	109,1	+0,2	152,6	+1,6
	10	210,5	+0,6	110,0	+0,2	153,0	+1,6
	20	215,3	+0,4	110,8	+0,2	153,3	+1,6
	30	220,2	+0,3	111,6	+0,3	153,7	+1,6
	9	225,1	+0,1	112,4	+0,3	154,0	+1,6
IX.	19	230,1	0,0	113,2	+0,3	154,4	+1,6
	29	235,2	-0,2	114,1	+0,3	154,7	+1,7
	9	240,4	-0,4	114,9	+0,3	155,1	+1,7
X.	19	245,7	-0,5	115,7	+0,4	155,4	+1,7
	29	251,0	-0,7	116,5	+0,4	155,8	+1,7
	8	256,5	-0,9	117,3	+0,4	156,1	+1,7
XI.	18	262,0	-1,0	118,2	+0,4	156,5	+1,7
	28	267,7	-1,2	119,0	+0,4	156,8	+1,7
	8	273,4	-1,3	119,8	+0,4	157,2	+1,7
	18	279,3	-1,4	120,6	+0,5	157,5	+1,7
XII.	28	285,2	-1,5	121,4	+0,5	157,9	+1,8

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

Nap	Január			Február		
	A holdak a bolygó					
	nyugati oldalán		keleti oldalán	nyugati oldalán		keleti oldalán
	20 ^a			20 ^b		
1		.24.	.1 3.		3. 1.2.	4.
2		4. .1	3. .2		.3 .2	1.4.
3		4. 3.	1.2.		4..13	.2
4		4. 3. 2. .1			4.	1.2. .3
5		.4 .3 .2	1.		4. 2.	3.
6		.4	.3.2		4. .21.	3.
7		.4 1.	2. .3		.4 3.	.1 2.
8		2,.4	.1 3.		.4 3. 1.	
9		.1	.43..2		.4.3 .2	1.
10		3.	1.2. .4		.4..13	.2
11		3. 2. .1	.4		.4	1.2..3
12		.3 .2	1. .4		2. .1	.4 .3
13			.2 4.		.2	3. .4
14		1.	2. .3 4.			.1 .2 .4
15		2.	.1 3.4.		3. 1.	2.
16		1.	3. 4.		.3 .2	.1 4.
17		3. 4.	.12.		..31	4.
18		3. 4. 2..1				1..32.4.
19		4. .3 .2	1.		2..1	4. .3
20		.4 .1	.2		4..2	1. 3.
21		4.	2. .3		4.	3. .2
22		.4 2.	.1 3.		4. 3. 1.	2.
23		.4 1.	3.		4. 3. .2	.1
24		.43.	.12.		.4 .3.1	
25		3. .12..4			.4	1.2.
26		.3 .2	1..4		.42..1	.3
27		.1.3	.2 .4		..24	1. 3.
28			1.2. .3 .4			3..4.2
29		2.	3. .4			
30		1..2	3. 4.			
31		3.	.12. 4.			

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

Dátum	h m		Hold	Jelenség	Dátum	h m		Hold	Jelenség
I. 2	22 22	k	3	e	II. 1	18 31	k	2	a
	23 28	k	3	a		19 19	v	2	e
3	1 16	v	3	e	5	21 12	v	2	a
	2 27	v	3	a		19 40	k	1	m
5	20 51	k	1	e	6	22 55	v	1	f
	21 12	k	1	a		19 02	v	1	e
7	20 32	k	2	e	7	20 02	v	1	a
	21 21	k	2	a		18 18	v	3	e
	23 12	v	2	e		19 27	k	3	a
12	22 36	k	1	e	8	22 29	v	3	a
	23 07	k	1	a		19 03	k	2	e
13	19 53	k	1	m		21 09	k	2	a
	20 37	v	3	f	21 42	v	2	e	
	22 40	v	1	f	23 49	v	2	a	
14	19 15	v	1	e	12	21 30	k	1	m
	19 49	v	1	a	13	18 38	k	1	e
	22 49	k	2	e		19 44	k	1	a
	23 59	k	2	a		20 51	v	1	e
15	1 29	v	2	e	14	21 57	v	1	a
	18 49	k	3	m		18 59	k	3	e
20	21 38	k	1	m	19 19	v	1	f	
	0 36	v	1	f	21 56	v	3	e	
21	0 39	v	3	f	23 28	k	3	a	
	18 48	k	1	e	15	21 29	k	2	e
	19 30	k	1	a		23 46	k	2	a
	21 00	v	1	e	16	0 09	v	2	e
	21 43	v	1	a		2 26	v	2	a
23	19 20	k	2	m	17	20 36	v	2	f
	23 29	v	2	f	20	20 29	k	1	e
25	18 35	v	2	a		21 39	k	1	a
	27	22 14	k	3		m	22 42	v	1
23 25		k	1	m	23 52	v	1	a	
28	1 11	v	3	m	21	21 14	v	1	f
	1 37	k	3	f		22 41	k	3	e
	2 31	v	1	f	22	1 39	v	3	e
	4 39	v	3	f		3 28	k	3	a
	20 34	k	1	e		18 21	v	1	a
	21 25	k	1	a	25	20 44	v	3	f
22 47	v	1	e	18 21		v	2	a	
30	18 07	v	1	a	28	19 40	k	1	m
	21 39	k	2	m		23 10	v	1	f
31	2 05	v	2	f		23 44	k	4	f

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

Nap	Március		Április	
	A holdak a bolygó			
	nyugati oldalán	keleti oldalán	nyugati oldalán	keleti oldalán
	20 ^h		20 ^h	
1	3. 1.	2. .4	.4 .3	.1 .2
2	3. 2.	.1 .4	1..4	2..3
3	.3 .1	.4	2.	.1.4 .3
4		.31.2. 4.	.1.2	3. .4
5	.12.	.3 4.		3.1.2. .4
6	.2	1. 3.4.	3. 2..1	
7	.1	3..24.	.3 .2	1. .4.
8	3.,	4.2.	.3	.2 4.
9	3. 4.2.	.1	1.	2. 4.
10	4. .3 1..2		2.	4..1 .3
11	4. .3	.1 .2	.14..2	3.
12	4. .1	.3	4.	31..2.
13	.4 .2	1. 3.	4. 3. .1	
14	.4 .1	.23.	4. 3. .2	1.
15	.43.	1.2.	.4 .3	.2
16	3. 2..4		.4 1.	2.
17	.3 1..2	.4	.4 2.	.1 .3
18	.3	1.2. .4	.41..2	3.
19	.1	2. .3 .4		31.. .2
20	.2	1. 3. .4	3..1	2. .4
21	.1	3. 4.	3. .2	1. .4
22	3.	1. 2. 4.	.3 .1	.4
23	3. 2.	4.	.3	2.
24	.3 .21.	4.	2.	.3 4.
25	.34.	.1.2	.21.	3.4.
26	4. 1.	2. .3		.13..24.
27	4. .2	1. .3	1.3.	2.4.
28	4. .1	3.	3. 2. 4.	1.
29	.4	1. 2.	4..3 .1	
30	.4 3. 2. .1		4. .3	1. 2.
31	.4 .3 .2			

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

Dátum	h m		Hold	Jelenség	Dátum	h m		Hold	Jelenség
II. 1	1 16 19 02 20 16	v v v	4 1 1	f e a	IV. 1	19 49	v	1	f
3	20 37	k	2	m	3	0 07 1 13	k v	4 4	m m
4	19 32 21 38	v k	3 3	m f	4	20 22	k	2	m
5	0 45 20 57	v v	3 2	f a	5	22 28	k	3	e
7	21 33	k	1	m	6	1 31 20 41 23 46	v k v	3 2 1	e a m
8	18 42 19 58 20 55 22 12	k k v v	1 1 1 1	 e a e a	7	20 55 22 09 23 09	k k v	1 1 1	 e a e
9	19 34	v	1	f	8	21 44	v	1	f
11	20 25 23 27	k v	3 3	m m	9	20 50	v	3	f
12	20 55 20 58 23 34	k v v	2 2 2	 e a	11	22 18 23 05	k k	4 2	 m a
15	20 37 21 54 22 50	k k v	1 1 1	 e a e	12	0 42	v	4	a
16	21 29	v	1	f	13	20 38 20 53 23 17	k v v	2 2 2	 e a
17	19 36	v	4	f	14	22 53	k	1	e
19	0 24 3 26 20 55 23 31 23 34	k v k k v	3 3 2 2 2	 m m e a e	15	20 13 23 39	k v	1 1	m f
21	20 24	v	2	f	16	20 01 20 48 21 40	v v k	3 1 3	m a f
22	22 32 22 36	k v	1 3	 e a	19	20 41	v	4	n
26	23 33	k	2	e	20	20 58 23 14 23 36	k k v	2 2 2	 e a e
27	2 08 2 12	k v	2 2	 e a	22	20 14 22 12	v k	2 1	f m
28	23 01	v	2	f	23	20 28 21 09 21 36 22 43	k k v v	1 3 1 1	 a m e a
29	21 22 23 30	v k	3 3	 e a	24	0 17 20 03	v v	3 1	m f
30	21 48	k	1	m	29	22 52	v	2	f
31	20 13 21 11 22 27	k v v	1 1 1	 e a	30	0 11 20 21 22 24 23 36	k k k v	1 1 1 1	m e a e

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

Nap	Május			Október		
	A holdak a bolygó			A holdak a bolygó		
	nyugati oldalán	keleti oldalán		nyugati oldalán	keleti oldalán	
	21 ^b			3 ^b		
1	4.	2.	.3	.4	2. 3.	
2	.4	.2 1.	.3	.4 2.1.	3.	
3	.4		.1.23.	.4 3..2	.1	
4	.4 1.3.		2.	3. .4 1.	.2	
5	3.2..4		1.	.3 .4	1.	
6	.3 .1		.4	2. .1	.4	
7	.3		1.2. .4		1..2 .3.4	
8	2.		.3 .4		2. 3. .4	
9	.2 1.		.3 .4	2.	3.	
10			.1.2 3. 4.	.23.	.1 4.	
11	1.		2. .4.	3. 1.	.2 4.	
12	3.2.		.1 4.	.3	2. .14.	
13	.3 .1.2		4.	2. .1	4.	
14	.3		4.1.2.	4.	.21. .3	
15	4..1		.3	4. .1	2. 3.	
16	4. .2		.3	4. 2.	3.	
17	4.		.1.2 3.	4. .23.	.1	
18	4. 1.		3.2.	.4 3. 1.	.2	
19	.4 3.2.		.1	.4 .3	2..1	
20	.4 3. .1.2			.42..1.3		
21	.4 .3		1. .2	.4	1. .3	
22	.4.1		.32.	.1	2. .3	
23	.2		1..4 .3	2.	1. .43.	
24			.2 .43.	.2	.4	
25	1.		3.2. .4	3. 1.	.2 .4	
26	3.2.		.1 .4	.3	2..1 .	
27	3. 1..2		.4	2..31.	4.	
28	.3		1. .2 4.		.31 4.	
29	.1		2. 4.	.1	.24. .3	
30	2.		1.4..3	2.	41.. 3.	
31	.1		4. .3	4..2	3.	

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

Dátum	h	m		Hold	Jelenség	Dátum	h	m		Hold	Jelenség
V. 1	21	58	v	1	f	X. 1	4	01	v	1	m
4	22	43	v	3	a	5	4	55	v	2	e
6	20	45	k	2	m	9	3	17	v	1	e
	23	45	k	4	f	12	4	47	k	2	e
7	23	22	k	1	e	13	4	11	k	4	a
8	20	22	v	7	a		4	43	v	3	f
	20	41	k	1	m	14	2	46	v	2	m
	23	53	v	1	f	15	4	21	k	1	f
9	20	07	v	1	e	16	2	57	k	1	e
	21	04	v	1	a		3	59	v	1	a
11	22	59	v	3	e	17	2	23	v	1	m
	23	32	k	3	a	19	4	55	k	2	a
13	23	33	k	2	m	20	5	12	k	3	f
15	20	17	k	2	a	22	4	24	v	4	m
	21	14	v	2	e	23	3	37	k	1	a
	22	41	k	1	m		4	52	k	1	e
	22	57	v	2	a	24	3	50	v	3	e
16	20	43	k	1	a		4	18	v	1	m
	22	08	v	1	e	28	2	38	k	2	f
	22	59	v	1	a	30	2	12	v	2	e
22	20	55	v	3	f		2	19	v	4	a
	21	21	k	2	e	31	2	37	k	1	f
	22	52	k	2	a		2	38	v	3	a
23	20	41	v	4	f		4	18	k	3	e
	21	53	k	1	e						
	22	39	k	1	a						
24	22	11	v	1	f						
31	21	13	k	1	m						
	22	29	k	4	e						

k vagy *v* betű azt mutatja, hogy a szomszédos oszlop időadata a jelenség kezdete, ill. végére vonatkozik-e. A többi betű: *f* = fogyatkozás van (a Jupiter-hold fogyatkozásban van, tehát a Jupiter árnyékkúpjába került), *m* = a hold a Jupiter korongja mögött (Földünkről nem látszik), *e* = a hold a Jupiter korongja előtt (a hold látszólagosan a bolygó korongján van), *a* = a hold „fekete” árnyéka vetődik a Jupiter korongjára (a Jupiteren teljes napfogyatkozás van).

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

Nap	November		December	
	A holdak a bolygó		A holdak a bolygó	
	nyugati oldalán	keleti oldalán	nyugati oldalán	keleti oldalán
	2 ^h		0 ^h	
1	4. 3.	.2	.3	1. 4.
2	4. .3	.12.	.2.3	4.
3	4. 2..31.		1.	.2.3
4	.4 .2	.3.1	4.	.12. 3.
5	.4 .1	.2 .3	4. 2.1.	3.
6	.4	1. 3.	4. .2	.1
7	.2.4.1	3.	4. 3. .1	.2
8	3.1	1..4.2	.4 .3	2.1.
9	3.	2. .4	.4 .2.3.1	
10	.32.1.	.4	.4	.2.3
11	.2	.3.1 .4	.4	.12. .3
12	1.	.2 .3 .4	2.1.	.4 3.
13		2.1. 3. 4.	.2	3..1 .4
14	.2 .1	3. 4.	3. .1	.2 .4
15	3.	1. 4.	.3	2.1.
16	3.	4.2.	2..3.1	4.
17	.34.2.1.			1..3 4.
18	4. .2	.1		2. 4..3
19	4. 1.	.2 .3	2.1.	4. 3.
20	4.	2..1.3	.24.	3..1
21	.4 2. .1	3.	4.3.1.	.2
22	.4 3.	1.	4. 3.	2.1.
23	3. .4 .1	2.	4. .32. .1	
24	.32.		.4	.31.
25	.2	.1.4	.4	2. .3
26	1.	.2.3 .4	.4 2.1.	3.
27		2..1 .3.4	..24	.13.
28	2. .1	3. .4	3.1.	.4 .2
29	3..2	1. 4.	3.	21.. .4
30	3. .1	2. 4.	.32..1	.4
31			.2	1.

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

Dátum	h m		Hold	Jelenség	Dátum	h m		Hold	Jelenség	
XI. 1	1 14	k	1	e	XII. 1	1 32	v	2	e	
	2 14	v	1	a		3 05	k	1	e	
	3 30	v	1	e		5 20	v	1	e	
4	5 12	k	2	f	2	2 32	v	1	m	
6	1 56	k	2	e	3	5 02	k	3	f	
	2 11	v	2	a		23 47	v	1	e	
	4 47	v	2	e		0 39	v	4	e	
7	3 08	k	3	a	6	2 44	v	3	e	
	4 30	k	1	f	4 44	k	2	f		
8	1 52	k	1	a	8	1 05	k	2	e	
	3 07	k	1	e		1 53	v	2	a	
	4 07	v	1	a		3 57	v	2	e	
	5 22	v	1	e		4 52	k	1	e	
9	2 33	v	1	m	9	1 02	k	1	f	
11	1 48	v	3	m	4 20	v	1	m		
13	1 58	k	2	a	11	3 00	k	4	m	
	4 29	k	2	e		15	1 38	k	2	a
	4 47	v	2	a			3 27	k	2	e
15	2 19	v	2	m	4 29		v	2	a	
	3 45	k	1	a	16	2 55	k	1	f	
	4 58	k	1	e		17	0 14	k	1	a
16	3 28	k	4	e	1 06	k	1	e		
	4 25	v	1	m	1 06	v	2	m		
17	1 41	v	1	e	2 30	v	1	a		
18	2 02	k	3	m	3 21	v	1	e		
	5 37	v	3	m	18	0 34	v	1	m	
20	4 34	k	2	a	22	4 14	k	2	a	
22	4 47	v	2	m	5 48	k	2	e		
	5 38	k	1	a	23	23 08	k	2	f	
23	2 46	k	1	f		23 33	v	3	m	
24	0 07	k	1	a	24	2 08	k	1	e	
	1 16	k	1	e		2 51	k	1	a	
	2 22	v	1	a		3 23	v	2	m	
	3 31	v	1	e		4 23	v	1	a	
	4 09	v	4	f		5 07	v	1	e	
25	0 43	v	1	m	23 18	k	1	f		
	1 04	k	3	f	25	2 20	v	1	m	
	4 36	v	3	f	31	1 42	k	2	f	
	5 46	k	3	m		2 56	v	3	m	
29	2 11	k	2	f	4 01	k	1	a		
	30	4 39	k	f	4 36	k	1	e		
5 39					v	2	m			

VII. A MARS és JUPITER centrálmeridiánjának planetografikus

0 ^h világidőkor	MARS	JUPITER		SZATURNUSZ		
		a	b	a	b	
Január	4	171	I. 83	II. 148	44,09	7,78
	8	136	355	29	44,33	7,89
	12	100	267	270	44,56	8,01
	16	66	179	152	44,77	8,14
	20	31	91	33	44,95	8,27
	24	356	3	274	45,12	8,40
	28	321	274	156	45,26	8,53
	Február	1	286	186	37	45,37
5		250	98	278	45,46	8,79
9		215	9	159	45,53	8,92
13		180	281	40	45,56	9,04
17		144	192	281	45,57	9,16
21		108	103	161	45,55	9,27
25		72	15	42	45,50	9,38
Március		1	36	286	283	45,42
	5	359	197	163	45,32	9,55
	9	323	108	44	45,19	9,63
	13	286	19	285	45,04	9,69
	17	249	290	165	44,87	9,74
	21	212	201	45	44,67	9,78
	25	174	112	286	44,46	9,80
	29	137	23	166	44,22	9,82
Április	2	99	293	46	43,98	9,82
	6	62	204	287	43,72	9,80
	10	24	115	167	43,44	9,78
	14	346	26	47	43,16	9,74
	18	308	296	287	42,87	9,70
	22	270	207	168	42,58	9,64
	26	232	118	48	42,28	9,57
	30	194	28	288	41,97	9,49
Május	4	156	299	168	41,67	9,41
	8	118	210	48	41,37	9,31
	12	79	120	288	41,07	9,21
	16	41	31	168	40,77	9,10
	20	2	301	48	40,48	8,99
	24	324	212	288	40,19	8,86
	28	285	123	168	39,91	8,74
	Június	1	247	33	48	39,64
5		208	304	289	39,38	8,47
9		169	214	169	39,12	8,33
13		131	125	49	38,87	8,19
17		92	36	289	38,64	8,04
21		53	306	169	38,41	7,90
25		14	217	49	38,20	7,75
29		335	128	289	38,00	7,59

A megadott planetografikus hosszúságok a bolygó forgási tengelyével definiált koordinátákat adják meg; a Szaturnusz gyűrűjére megadott *a* és *b* a gyűrű látszólagos nagy- és kistengelyét jelenti.

hosszúsága és adatok a SZATURNUSZ gyűrűjére vonatkozólag

0 ⁿ vilgáidőkor		MARS	JUPITER		SZATURNUSZ	
			I.	II.	a	b
Július	3	296	38	169	37,81	7,44
	7	257	309	49	37,63	7,29
	11	218	220	290	37,46	7,13
	15	179	130	170	37,31	6,98
	19	140	41	50	37,17	6,83
	23	100	312	290	37,04	6,67
	27	61	222	170	36,92	6,52
	31	22	133	51	36,82	6,36
Augusztus	4	343	44	291	36,73	6,21
	8	304	315	171	36,66	6,06
	12	264	226	52	36,60	5,91
	16	225	137	292	36,55	5,76
	20	186	48	172	36,52	5,61
	24	147	318	53	36,50	5,46
	28	107	229	293	36,49	5,32
	31	68	140	174	36,50	5,17
Szeptember	5	29	51	54	36,52	5,03
	9	350	322	295	36,56	4,89
	13	310	234	175	36,60	4,76
	17	271	145	56	36,67	4,62
	21	232	56	297	36,74	4,49
	25	193	327	177	36,83	4,37
	29	154	238	58	36,94	4,24
	31	114	150	299	37,06	4,12
Október	7	75	61	179	37,19	4,01
	11	36	332	60	37,33	3,90
	15	357	244	301	37,49	3,79
	19	318	155	182	37,66	3,69
	23	279	67	63	37,84	3,59
	27	240	338	304	38,04	3,50
	31	200	250	185	38,25	3,41
	4	161	161	66	38,47	3,33
November	8	122	73	307	38,70	3,25
	12	83	345	189	38,94	3,19
	16	44	256	70	39,19	3,13
	20	5	168	311	39,45	3,08
	24	326	80	192	39,72	3,03
	28	287	352	74	39,99	3,00
	2	248	264	315	40,28	2,97
	6	208	176	197	40,56	2,95
December	10	169	88	78	40,86	2,94
	14	130	0	320	41,15	2,94
	18	91	272	201	41,45	2,95
	22	52	184	83	41,74	2,97
	26	13	96	324	42,04	3,00
	30	333	8	206	42,33	3,04

A Jupiter esetében az I. és II. adatok rendre, nagyjából a bolygó egyenlítő környéki sávjára, ill. a bolygófelület egyéb helyeire vonatkoznak.

VIII. Bolygókorongok megvilágításának adatai

Dátum		MERKUR		VÉNUSZ		MARS	
		K	I	K	I	K	I
		%	°	%	°	%	°
I.	1	32	112	100	7	98	17
	11	63	75	100	4	99	10
	21	79	55	100	2	100	7
II.	31	88	40	100	3	100	8
	10	94	28	100	6	98	15
III.	20	98	14	99	10	96	27
	2	99	9	99	13	95	27
	12	88	40	98	16	93	31
IV.	22	54	85	97	20	92	33
	1	17	132	96	24	91	35
V.	11	1	170	94	27	90	36
	21	9	145	93	31	90	37
	1	27	118	91	35	90	37
	11	44	97	89	39	90	37
	21	61	77	86	43	90	37
VI.	31	80	53	84	48	90	36
	10	97	18	81	52	91	35
	20	96	22	78	56	91	34
VII.	30	80	53	74	61	92	33
	10	63	75	71	65	93	32
VIII.	20	48	92	67	70	93	30
	30	31	112	64	75	94	29
	9	12	139	59	80	94	28
	19	1	166	54	85	95	26
	29	18	130	49	92	96	25
IX.	8	59	80	44	97	96	23
	18	90	36	37	105	97	21
	28	100	7	30	113	97	20
X.	8	99	13	22	124	98	18
	18	95	26	13	138	98	16
XI.	28	89	39	5	155	98	15
	7	79	54	0	172	99	13
	17	61	77	3	160	99	11
XII.	27	26	119	11	142	99	9
	7	2	169	20	127	100	8
	17	37	106	29	115	100	6
	27	68	68	37	106	100	4

K: a bolygó korongjának a Nap által megvilágított hányada

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

IX. A Naprendszer holdjai

Név	m	Átmérő	Közepes táv. a bolygótól		Keringési idő	Pálya- haj- lás	Felfedező neve	Felf. éve
	magn.	km	1 000 km		d h	°		
OLD Old	-13	3476	385		27 07,7	25		
MARS Phobos Deimos	+12 13	23 13	9 24	0,4 1,1	0 07,7 1 06,3	1 1	A. Hall A. Hall	1877 1877
JUPITER Amalthea Io Europa Ganymedes Callisto Leda Himalia Elara Lysithea Ananke Carne Pasiphae Sinope	13 5 5 5 6 20 15 16 19 18 19 18 19	(200) 3640 3100 5270 4990 10 (150) (50) 20 20 20 20 20	180 422 671 1 070 1 885 11 094 11 470 11 740 11 850 21 200 22 560 23 500 23 700	1,0 2,3 3,7 5,9 10,3 55,8 62,8 64,2 64,8 116,0 123,4 128,6 129,7	0 12,0 1 18,5 3 13,2 7 03,7 16 16,5 238 17 250 14 259 16 263 13 631 02 692 12 738 22 758	0 0 0 0 0 29 28 25 29 147 164 145 153	E. Barnard G. Galilei G. Galilei G. Galilei G. Galilei C. Kowal C. Perrine C. Perrine S. Nicholson S. Nicholson S. Nicholson P. Melotte S. Nicholson	1892 1610 1610 1610 1610 1974 1904 1905 1938 1951 1938 1908 1914
SZATURNUSZ Janus Mimas Enceladus Dethys Dione Thea Titan Hyperion Iapetus Phoebe	14 12 12 10 10 10 8 14 11 v 17	(300) (400) (500) (950) 1100 1600 5800 320 1500 (200)	160 187 238 295 378 526 1 221 1 481 3 561 12 960	0,4 0,5 0,6 0,8 1,0 1,4 3,3 4,0 9,6 34,9	0 18,0 0 22,6 1 08,9 1 21,3 2 17,7 4 12,4 15 22,7 21 06,6 79 07,9 550 11	0 2 0 1 0 0 0 0 15 150	A. Dollfus W. Herschel W. Herschel G. Cassini G. Cassini G. Cassini C. Huygens G. Bond G. Cassini W. Pickering	1966 1798 1789 1684 1684 1672 1655 1848 1671 1898
URÁNUSZ Miranda Ariel Umbriel Titania Oberon	17 14 15 14 14	(400) (1400) (1000) (1800) (1600)	128 192 267 438 587	0,2 0,2 0,3 0,6 0,7	1 09,9 2 12,5 4 03,6 8 16,9 13 11,1	0 0 0 0 0	G. Kuiper W. Lassell W. Lassell W. Herschel W. Herschel	1948 1851 1851 1787 1787
NEPTUNUSZ Triton Nereida	14 19	(4000) (600)	354 5 600	0,3 4,4	5 21,1 359 10	160 27	W. Lassell G. Kuiper	1846 1949

X. A Magyarországról látható

Csillag	RA 1980	D 1980	m	szín- index	r	V_{rad}	szög- távolság
	h m	° ' "	magn.	magn.	fényév	km/s	"
α And	00 07,3	+28 58	+ 2,1	-0,1	90	-11,7	
β Cas	08,1	+59 02	2,3v	+0,3	45	+11,8	
γ Peg	12,2	+15 04	2,8v	-0,2	570	+04,1	
δ And	38,2	+30 45	3,3:	+1,3	160	-07,3	
α Cas	39,4	+56 25	12 2,2	+1,2	150	-03,8	28
β Cet	42,6	-18 06	2,0	+1,0	57	+13,1	
η Cas	47,9	+57 42	3,5	+0,6	18	+09,4	
γ Cas	55,5	+60 36	7,3 2,5v	-0,2v	96:	-06,8	12
η Cet	01 07,6	-10 17	8,2 3,4	+1,2	102	+11,5	
β And	08,6	+35 31	2,0	+1,6	76	+00,3	
δ Cas	24,4	+60 08	2,7	+0,1	43	+06,7	
τ Cet	43,2	-16 03	3,5	+0,7	12	-16,2	
α Tri	52,0	+29 29	3,4	+0,5	65	-12,6	
ε Cas	52,9	+63 34	3,4	-0,2	520	-08,1	
β Ari	53,6	+20 43	2,7	+0,2	52	-04,0	
γ And	02 02,7	+42 14	2,1: 5,4 6,2	+1,2:	260	-11,7	A-BC 10 B-C 0
α Ari	06,1	+23 22	2,0	+1,2	76	-14,3	
β Tri	08,4	+34 54	3,0	+0,1	140	+15,2	
α UMi	12,5	+89 11	2,0v 8,9	+0,6v	680	-17,4	
σ Cet	18,3	-03 04	2,0v 10		103	+63,8	18
γ Cet	42,2	+03 10	3,5 3,6 6,2	+0,1	68	-05,1	3
α Cet	03 01,2	+04 00	2,5	+1,6	130	-25,9	
γ Per	03,3	+53 25	2,9:	+0,7:	113	+02,5	
θ Per	03,7	+38 45	3,5v		260	+28,2	
β Per	06,6	+40 52	2,1v	-0,1	105	+06,0	
α Per	22,9	+49 47	1,8	+0,5	570	-02,4	
δ Per	41,5	+47 44	3,0	-0,1	590	+02,8	
η Tau	46,3	+24 03	+ 2,9	-0,1	541	+10,1	

enyesebb csillagok ($D > -40^\circ$; $m > 3,50$)

Csillag	RA 1980	D 1980	m	szin- index	r	V_{rad}	szög- távolság
	h m	° ' "	magn.	magn.	fényév	km/s	"
Per A	03 52,7	+31 50	+ 2,8	+0,1	1000	+20,6	
B			9,4				13
Per A	56,5	+39 57	2,9	-0,2	680	-01	
B			8,0				9
Eri	57,1	-13 34	3,0	+1,6	160	+61,7	
Tau	04 27,5	+15 49	3,4	+0,2	140	+39,5	
Tau A	34,8	+16 28	0,9v	+1,5	68	+54,1	
B			13				31
Ori	48,3	+06 56	3,2	+0,5	26	+24,3	
Aur	55,7	+33 08	2,7:	+1,5	330	+17,5	
Aur	05 00,5	+43 48	3,0v	+0,5:	3400	-01,4	
Lep	04,6	-22 24	3,2	+1,5	170	+01,0	
Aur	05,1	+41 13	3,2	-0,2	370	+07,4	
Eri	06,9	-05 06	2,8	+0,1	78	-08	
Lep	12,1	-16 13	3,3	-0,1	390	+27,7	
Ori A	13,6	-08 13	0,1v	0,0	900	+20,7	
B			6,7				9
Aur	15,2	+45 59	0,1	+0,8	45	+30,2	
Ori AB	23,5	-02 24	3,3	-0,2	940	+19,8	
A			3,6				1
B			5,0				
Ori	24,0	+06 20	1,6	-0,2	470	+18,2	
Tau	25,0	+28 36	1,7	-0,1	300	+08,0	
Lep A	27,4	-20 47	2,8	+0,8	113	-13,5	
B			9,4				3
Ori A	31,0	-00 19	2,2v	-0,2	1500	+22,0	
B			6,7				53
Lep	31,8	-17 51	2,6	+0,2	900	+24,7	
Ori AB	34,1	+09 55	3,4	-0,2	1800	+33,5	
A			3,6				A-B 4
B			5,5				A-C 29
C			10,9				
Ori AB	34,5	-05 56	2,8	-0,2	2000	+27,6	
A			2,8				11
B			7,3				
Ori	35,2	-01 13	1,7	-0,2	1600	+26,1	
Tau	36,5	+21 08	3,1:	-0,1:	940	+22,8	
Col A	39,0	-34 05	2,6	-0,1	140	+35	
B			+12				12

X. A Magyarországról látható

Csillag	RA 1980	D 1980	m	szín- index	r	v _{rad}	szög- távolság	
	h m	° ′	magn.	magn.	fényév	km/s	''	
ζ Ori	AB A B	05 39,7	-01 57	+1,8 1,9 4,1	-0,2	1600	+18,1	3
κ Ori		46,8	-09 41	2,1	-0,2	2100	+20,6	
β Col		50,2	-35 47	3,1	+1,2	140	+89,4	
α Ori		54,0	+07 24	0,4v	+1,9:	520	+21,0	
β Aur		58,0	+44 57	1,9	+0,1	88	-18,2	
θ Aur	AB A B	58,4	+37 13	2,7v 2,7 7,1	-0,1	108	+29,3	3
η Gem	A A B	06 13,7	+22 31	3,3v 6,7	+1,6	200	+19,0	1
ζ CMa		19,6	-30 03	3,0	-0,2	390	+32,2	
μ Gem		21,7	+22 32	2,9v	+1,6	160	+54,8	
β CMa		21,8	-17 56	2,0v	-0,2	750	+33,7	
γ Gem		36,6	+16 25	1,9	0,0	105	-12,5	
ε Gem		42,7	+25 09	3,0	+1,4	1080	+09,9	
ξ Gem		44,2	+12 55	+3,4	+0,4	64	+25,3	
α CMa	A B	44,2	-16 42	-1,5 +8,7	0,0	9	-07,6	1976: 11
ε CMa	A A B	57,8	-28 57	1,5: 7,5	-0,2:	680	+27,4	8
σ ³ CMa		07 02,2	-23 48	3,0	-0,1	3400	+48,4	
δ CMa		07,6	-26 22	1,9	+0,7	2100	+34,3	
π Pup		16,5	-37 04	2,7:	+1,6:	140	+15,8	
η CMa		23,3	-29 15	2,5	-0,1	2700	+41,1	
β CMi		26,2	+08 20	2,9	-0,1	210	+22	
α Gem	A B C	33,3	+31 56	2,0 3,0 9,1v	0,0: +0,1:	45	+06,0 -01,2	A-B 2 A-C 73
α CMi	A A B	38,2	+05 17	0,4 10,7	+0,4	11	-03,2	4
β Gem		44,1	+28 05	1,2	+1,0	35	+03,3	
ξ Pup		48,4	-24 50	3,3	+1,2	1240	+02,7	
ζ Pup		08 02,9	-39 57	2,2	-0,3	2400	-24	
ρ Pup		06,7	-24 15	2,8v	+0,4	105:	+46,6	
ο UMa	A B	28,6	+60 47	3,4 +15	+0,8	150	+19,8	7

gyesebb csillagok ($D > -40^\circ$; $m > 3,50$)

Csillag	RA 1980	D 1980	m	szín- index	r	v_{rad}	szög- távolság
	h m	° '	magn.	magn.	fényév	km/s	"
Hya ABC	08 45,7	+06 30	+3,4	+0,7	140	+36,4	
A			3,7				
B			5,2				A-B 0,2
C			6,8				A-C 3
D			12				A-D 20
Hya	54,3	+06 02	3,1	+1,0	220	+22,8	
UMa A	57,9	+48 07	3,1	+0,2	49	+12,2	
BC			10,8				A-BC 4
Lyn	09 19,9	+34 29	3,2	+1,5	180	+37,6	
Hya	26,6	-08 35	2,0	+1,4	94	-04,3	
UMa A	31,5	+51 46	3,1	+0,5	63	+15,4	
B			14				5
Leo	44,7	+23 51	3,0	+0,8	340	+05,0	
Leo A	10 07,3	+12 04	1,4	-0,1	84	+03,5	
B			8,1				177
Leo	15,7	+23 31	3,5	+0,3	130	-15,0	
UMa	15,9	+43 01	3,5	0,0	150	+18,3	
Leo AB	18,8	+19 57	2,0	+1,1	90	-36,6	4
A			2,3				
B			3,5				
UMa	21,1	+41 36	3,1	+1,6	105	-20,5	
Hya	48,6	-16 05	3,1	+1,3	150	-01,0	
UMa	11 00,6	+56 30	2,4	0,0	78	-12,0	
UMa AB	02,5	+61 52	1,8	+1,1	105	-08,9	1
A			1,9				
B			4,8				
UMa	08,6	+44 36	3,0	+1,1	130	-03,8	
Leo	13,0	+20 38	2,6	+0,1	82	-20,6	
Leo	13,2	+15 33	3,3	0,0	90	+07,8	
Leo	48,0	+14 41	2,1	+0,1	43	-01	
UMa	52,7	+53 49	2,4	0,0	90	-12,9	
Crv	12 09,1	-22 30	3,0	+1,3	140	+04,9	
UMa	14,4	+57 09	3,3	+0,1	63	-12,9	
Crv	14,8	-17 25	2,6	-0,1	450	-04,2	
Crv A	28,8	-16 24	3,0	0,0	124	+09	
B			8,3				24
Crv	33,3	-23 17	2,7	+0,9	108	-07,7	
Vir AB	40,6	-01 20	2,8	+0,3	32	-19,7	4
A			3,5				
B			+3,5				

X. A Magyarországról látha

Csillag	RA 1980	D 1980	m	szín- index	r	v _{rad}	szög- távolság
	h m	° ′	magn.	magn.	fényév	km/s	"
ε UMa	12 53,2	+56 04	+1,8 _v	0,0	68	-09,3	
α CVn	55,1	+38 26	2,9 _v	-0,1	118	-03,3	
B			5,6				20
ε Vir	13 01,2	+11 05	2,8	+0,9	90	-14,0	
γ Hya	17,8	-23 04	3,0	+0,9	113	-05,4	
ι Cen	19,5	-36 36	2,8	+0,1	71	+00,1	
ζ UMa	23,1	+55 02	2,3	0,0	88	-05,6	
B			3,9				14
α Vir	24,1	-11 03	0,9 _v	-0,2	220	+01,0	
ζ Vir	33,7	-00 30	3,4	+0,1	93	-13,2	
η UMa	46,8	+49 25	1,9	-0,2	210	-10,9	
η Boo	53,8	+18 30	2,7	+0,6	32	+01,0	
π Hya	14 05,3	-26 35	3,3	+1,1	84	+27,2	
θ Cen	05,5	-36 17	+2,0	+1,0	55	+01,3	
α Boo	14,8	+19 17	-0,1	+1,2	36	-05,2	
γ Boo	31,3	+38 24	+3,1	+0,2	118	-35,5	
ε Boo	44,1	+27 09	2,4	+1,0	103	-16,5	3
AB			2,5				
B			5,0				
α Lib	49,8	-15 54	2,8	+0,2	66	-10	
B			5,2				231
β UMi	50,8	+74 14	2,1	+1,5	105	+16,9	
β Boo	15 01,2	+40 28	3,5	+1,0	140	-19,9	
σ Lib	02,9	-25 12	3,3	+1,7	58:	-04,3	
δ Boo	14,7	+33 24	3,5	+1,0	140	-12,2	
B			7,8				105
β Lib	15,9	-09 18	2,6	-0,1	140	-35,2	
γ UMi	20,8	+71 54	3,0	+0,1	270	-03,9	
ι Dra	24,5	+59 02	3,3	+1,2	102	-11,0	
α CrB	33,8	+26 47	2,2 _v	0,0	76	+01,7	
α Ser	43,3	+06 29	2,7	+1,2	71	+02,9	
π Sco	57,6	-26 04	2,9	-0,2	570	-03	
η Lup	58,8	-38 21	3,4	-0,2	570	+07	15
A			3,5				
B			7,7				
δ Sco	59,2	-22 34	2,3	-0,1	590	-14	
β Sco	16 04,3	-19 45	2,7	-0,1	650	-01,1	
A			2,8				
B			5,0				
C			+5,0				A-B 1 A-C 14

enyesebb csillagok ($D > -40^\circ$; $m > 3,50$)

Csillag	RA 1980	D 1980	m	szín- index	r	$V_{r,d}$	szög- távolság
	h m	° ' "	magn.	magn.	fényév	km/s	"
δ Oph	16 13,3	-03 37	+2,7	+1,6	140	-19,9	
ϵ Oph	17,2	-04 39	3,2	+1,0	90	-10,3	
σ Sco	A B 20,0	-25 32	2,9 _v 8,5	+0,1	570	+02,5	20
η Dra	A B 23,7	+61 33	2,7 8,7	+0,9	76	-14,3	6
α Sco	A B 28,2	-26 23	0,9 _v 5,1	+1,8	520	-03,2	3
β Her	29,3	+21 32	2,8	+0,9	103	-25,5	
τ Sco	34,6	-28 10	2,9	-0,3	750	-00,7	
ζ Oph	36,1	-10 31	2,6	0,0	520	-19	
ζ Her	AB A B 40,6	+31 38	2,8 2,9 5,5	+0,6	30	-69,9	1
η Her	42,2	+38 58	3,5	+0,9	62	+08,3	
ϵ Sco	48,8	-34 16	2,3	+1,2	66	-02,5	
μ^1 Sco	50,5	-38 01	3,0 _v	-0,2	520	-25	
κ Oph	56,8	+09 25	3,2	+1,2	150	-55,6	
ζ Dra	17 08,7	+65 44	3,2	-0,1	620	-14,1	
η Oph	AB A B 09,3	-15 42	2,4 3,0 3,4	+0,1	69	-00,9	1
α Her	AB A B 13,8	+14 24	3,1 _v 3,2 \pm 0,3 5,4	+1,4	410	-33,1	5
δ Her	14,2	+24 51	3,1	+0,1	96	-41	
π Her	14,3	+36 49	3,1	+1,4	410	-25,7	
θ Oph	20,8	-24 59	3,3 _v	-0,2	710	-03,6	
ν Sco	29,4	-37 16	2,7	-0,2	540	+07	
β Dra	A B 29,9	+52 20	2,8 11,5	+1,0	310	-20,0	4
λ Sco	32,3	-37 05	1,6 _v	-0,2	310	00	
α Oph	34,0	+12 35	2,1	+0,2	58	+12,7	
κ Sco	41,1	-39 01	2,4 _v	-0,2	470	-10	
β Oph	42,5	+04 35	2,8	+1,2	124	-12,0	
μ Her	A BC 45,7	+27 45	3,4 9,8	+0,8	30	-15,6	33
G Sco	48,4	-37 02	+3,2	+1,2	102	+24,7	

X. A Magyarországról látható

Csillag	RA 1980	D 1980	m	szín- index	r	v _{rad}	szög- távolság	
	h m	° ′	magn.	magn.	fényév	km/s	''	
γ Dra	17 56,1	+51 29	+2,2	+1,5	108	-27,6		
ν Oph	58,0	-09 47	3,3	+1,0	140	+12,4		
γ Sgr	18 04,5	-30 26	2,9	+1,0	124	+22,1		
η Sgr	A	16,3	3,1	+1,6	86:	+00,5		
	B		10				4	
δ Sgr	19,7	-29 50	2,7	+1,4	84	-20,0		
η Ser	20,2	-02 54	3,2	+0,9	60	+08,9		
ε Sgr	22,9	-34 24	1,8	0,0	124	-11		
λ Sgr	26,7	-25 27	2,8	+1,1	71	-43,3		
α Lyr	36,2	+38 46	0,0	0,0	27	-13,9		
φ Sgr	44,4	-27 01	3,2	-0,1	590	+21,5		
β Lyr	A	49,4	+3 21	3,4 _v	-0,1:	1300	-17,8	
	B			7,8			46	
σ Sgr	54,0	-26 19	2,1:	-0,2	300	-11		
γ Lyr	58,2	+32 40	3,3	-0,1	370	-21,5		
ζ Sgr	AB	19 01,3	2,6	+0,1	140	+22	< 1	
	A		3,3					
	B		3,5					
ζ Aql	A	04,5	+13 50	3,0	0,0	90	-26,3	
	B			12			5	
λ Aql	05,2	-04 55	3,4	-0,1	160	-14		
τ Sgr	05,7	-27 42	3,3	+1,2	86	+45,4		
π Sgr	ABC	08,6	-21 03	2,9	+0,4	250	-09,8	< 1
	A			3,7				
	B			3,8				
	C			6,0				
δ Dra	12,5	+67 38	3,1	+1,0	124	+24,8		
δ Aql	24,5	+03 04	3,4	+0,3	53	-29,9		
β Cyg	A	29,9	+27 55	3,1	+1,1	410	-24,0	
	B			5,1			35	
δ Cyg	AB	44,3	+45 05	2,9	0,0	270	-21	2
	A			2,9				
	B			6,4				
γ Aql	45,3	+10 33	2,7	+1,5	340	-02,1		
α Aql	49,8	+08 49	+0,8	+0,2	17	-26,3		

nyesebb csillagok ($D > -40^\circ$; $m > 3,50$)

Csillag	RA 1980	D 1980	m	szín- index	r	v_{rad}	szög- távolság
	h m	° ' "	magn.	magn.	fényév	km/s	"
Aql	20 10,3	-00 52	+3,2	-0,1	330	-27,3	205
Cap	19,9	-14 51	3,1	+0,8	130	-18,9	
			6,0				
Cyg	21,5	+40 11	2,2	+0,7	750	-07,5	
Cyg	40,7	+45 12	1,3	+0,1	1600	-04,6	
Cep	44,9	+61 45	3,4	+0,9	46	-87,3	
Cyg	45,4	+33 53	2,5	+1,0	74	-10,3	
Cyg	21 12,1	+30 08	3,2	+1,0	390	+17,4	
Cep	18,2	+62 31	2,4	+0,2	52	-10	
Cep	28,4	+70 28	3,2 _v	-0,2 _v	980	-03,1	
Aqr	30,5	-05 40	2,9	+0,8	1030	+06,5	
Peg	43,2	+09 48	2,4	+1,6	780	+04,7	82
			11				
Cap	45,9	-16 13	2,9	+0,3	50	-00,2	
Gru	52,7	-37 27	3,0	-0,1	540	-02,1	
Aqr	22 04,7	-00 25	2,9	+1,0	1080	+07,5	
Cep	10,1	+58 06	3,4	+1,6	1240	-18,4	
Peg	40,5	+10 44	3,4	-0,1:	210	+07	
Peg	42,1	+30 07	3,0	+0,9	360	+04,3	
Aqr	53,6	-15 56	3,3	+0,1	84	+18,0	
PsA	56,5	-29 44	1,2	+0,1	23	+06,5	
Peg	23 02,8	+27 58	2,5 _v	+1,7	210	+08,7	
Peg	03,8	+15 05	2,5	0,0	109	-03,5	
Cep	38,5	+77 30	+3,2	+1,0	51	-42,4	

XI. PRECESSZIÓ

Precesszió

RA negatív D-ra	RA pozitív D-ra	Prec. D-ban	Precesszió RA-ban				
			D=85°	D=80°	D=75°	D=70°	D=60°
h m	h m	'	m	m	m	m	m
12 00	0 00	+16,7	+ 2,56	+2,56	+2,56	+2,56	+2,56
12 30	0 30	+16,6	4,22	3,38	3,10	2,96	2,81
13 00	1 00	+16,1	5,85	4,19	3,64	3,36	3,06
13 30	1 30	+15,4	7,43	4,98	4,15	3,73	3,30
14 00	2 00	+14,5	8,92	5,72	4,64	4,09	3,52
14 30	2 30	+13,2	10,31	6,40	5,09	4,42	3,73
15 00	3 00	+11,8	11,56	7,02	5,50	4,73	3,92
15 30	3 30	+10,2	12,66	7,57	5,86	4,99	4,09
16 00	4 00	+ 8,3	13,58	8,03	6,16	5,21	4,23
16 30	4 30	+ 6,4	14,32	8,40	6,40	5,39	4,34
17 00	5 00	+ 4,3	14,85	8,66	6,58	5,52	4,42
17 30	5 30	+ 2,2	15,18	8,82	6,68	5,60	4,47
18 00	6 00	0,0	15,29	8,88	6,72	5,62	4,49
0 00	12 00	-16,7	2,56	2,56	2,56	2,56	2,56
0 30	12 30	-16,6	+ 0,90	1,82	2,02	2,16	2,31
1 00	13 00	-16,1	- 0,73	0,93	1,48	1,77	2,06
1 30	13 30	-15,4	- 2,31	+0,14	0,97	1,39	1,82
2 00	14 00	-14,5	- 3,80	-0,60	0,46	1,03	1,60
2 30	14 30	-13,2	- 5,19	-1,28	+0,03	0,70	1,39
3 00	15 00	-11,8	- 6,44	-1,90	-0,38	0,40	1,20
3 30	15 30	-10,2	- 7,54	-2,45	-0,74	+0,13	1,03
4 00	16 00	- 8,3	- 8,46	-2,91	-1,04	-0,09	0,89
4 30	16 30	- 6,4	- 9,20	-3,27	-1,28	-0,27	0,78
5 00	17 00	- 4,3	- 9,73	-3,54	-1,45	-0,40	0,70
5 30	17 30	- 2,2	-10,06	-3,70	-1,56	-0,47	0,65
6 00	18 00	0,0	-10,17	-3,75	-1,60	-0,50	+0,63

ÁBLÁZAT

r 50 év

Precesszió RA-ban						Prec D-ban	RA pozitív D-ra	RA negatív D-ra
D=50°	D=40°	D=30°	D=20°	D=10°	D=0°			
m	m	m	m	m	m	'	h m	h m
+2,56	+2,56	+2,56	+2,56	+2,56	+2,56	-16,7	12 00	24 00
2,73	2,68	2,64	2,61	2,59	2,56	-16,6	11 30	23 30
2,90	2,80	2,73	2,67	2,61	2,56	-16,1	11 00	23 00
3,07	2,92	2,81	2,72	2,64	2,56	-15,4	10 30	22 30
3,22	3,03	2,88	2,76	2,66	2,56	-14,5	10 00	22 00
3,37	3,13	2,95	2,81	2,68	2,56	-13,2	9 30	21 30
3,50	3,22	3,02	2,85	2,70	2,56	-11,8	9 00	21 00
3,61	3,30	3,07	2,88	2,72	2,56	-10,2	8 30	20 30
3,71	3,37	3,12	2,91	2,73	2,56	- 8,3	8 00	20 00
3,79	3,42	3,16	2,93	2,74	2,56	- 6,4	7 30	19 30
3,84	3,46	3,18	2,95	2,75	2,56	- 4,3	7 00	19 00
3,88	3,49	3,20	2,96	2,75	2,56	- 2,2	6 30	18 30
3,89	3,50	3,20	2,97	2,76	2,56	0,0	6 00	18 00
2,56	2,56	2,56	2,56	2,56	2,56	+16,7	24 00	12 00
2,39	2,44	2,48	2,51	2,53	2,56	+16,6	23 30	11 30
2,22	2,32	2,39	2,45	2,51	2,56	+16,1	23 00	11 00
2,05	2,20	2,31	2,40	2,49	2,56	+15,4	22 30	10 30
1,90	2,09	2,24	2,36	2,46	2,56	+14,5	22 00	10 00
1,75	1,99	2,17	2,31	2,44	2,56	+13,2	21 30	9 30
1,62	1,90	2,11	2,27	2,42	2,56	+11,8	21 00	9 00
1,51	1,81	2,05	2,24	2,40	2,56	+10,2	20 30	8 30
1,41	1,75	2,00	2,21	2,39	2,56	+ 8,3	20 00	8 00
1,33	1,70	1,97	2,19	2,38	2,56	+ 6,4	19 30	7 30
1,28	1,66	1,94	2,17	2,37	2,56	+ 4,3	19 00	7 00
1,25	1,63	1,92	2,16	2,37	2,56	+ 2,2	18 30	6 30
+1,23	+1,62	+1,92	+2,16	+2,36	+2,56	0,0	18 00	6 00

Kiegészítő tudnivalók a táblázatokhoz

[a táblázatokban nem közölt jelölések magyarázatai]

„RA” és „D”: az I., IV., IVa., X. és XI. táblázatokban rektaszenziót, ill. deklinációt jelent. A koordináták a fejlécben megadott időre, vagy 1978-ra érvényesek.

„m”: a IV., IVa., IX. és X. táblázatokban magnitúdókban megadott vizuális, látszólagos fényességek.

I. táblázat: a Julián dátum az i. e. 4713. január 1 déli 12 órától eltelt napok számát adja meg. A csillagidő a greenwichi meridiánra, azaz a zéró földrajzi hosszúságra vonatkozik.

IV. és IVa. táblázat: az *r* oszlopban „cs. e.” alatt a bolygók geocentrikus távolságai vannak csillagászati egységben.

IX. táblázat: a „keringési idők” oszlopban a sziderikus keringési idők állnak, míg a pályahajlás a bolygó egyenlítőjére vonatkozik.

X. táblázat: a vizuális kettős csillagoknál „A” a fényesebb komponens adataira vonatkozik. A színindex oszlopban a kék és vizuális fotoelektromos magnitúdók különbsége (B—V) áll.

A CSILLAGOS ÉG 1978-BAN
(Időpontok KözEI-ben)

Január

Bolygók

Merkur előretartó mozgást végez 1-től 9-ig a Kígyótartó, utána a Nyilas csillagképben. A hó első felében másfél, a végén egy órával kel a Nap előtt. A hó első felében a hajnali szürkületben, a végén napkelte előtt látható a délkeleti égbolton. 11-én legnagyobb nyugati kitérésben 23° távolságra a Naptól. 12-én fázisa 0,65, fényessége 0,0 magnitúdó, mindkettő növekedő. — *Vénusz* előretartó mozgást végez 19-ig a Nyilas, utána a Bak csillagképben. E hó folyamán a Nap közelsége miatt nem figyelhető meg. 22-én felső együttállásban a Nappal. — *Mars* hátráló mozgást végez a Rák csillagképben. Az egész éjszaka folyamán látható. 22-én szembenállásban a Nappal. Magas pozitív deklinációja jó alkalmat nyújt megfigyelésére, de az idei oppozíciója a legelőnytelenebbek közé tartozik. Látszó átmérője a hó elején $13,6''$, fényessége $-0,8$ magnitúdó, a hó végén pedig $14,0''$ ill. $-1,0$ magnitúdó. Földközelbe 19-én kerül, amikor távolsága a Földtől 97 millió km, átmérője $14,3''$ és fényessége $-1,1$ magnitúdó. — *Jupiter* hátráló mozgást végez a Bika csillagképben. A hajnali órákban nyugszik és az egész éjszaka folyamán megfigyelhető. — *Szaturnusz* hátráló mozgást végez az Oroszlán csillagképben. A kora esti órákban kel és az egész éjszaka folyamán megfigyelhető. — *Uránusz* előretartó mozgást végez a Mérleg csillagképben. A Nap közelsége miatt nem figyelhető meg. — *Neptunusz* előretartó mozgást végez a Kígyótartó csillagképben. A Nap közelsége miatt nem figyelhető meg.

Megfigyelhető jelenségek

Nap	Óra	
3	—	Quadrantidák meteorraj gyakorisági maximuma. Kékes fényűiek, kis fényességűek gyakoribbak.
4	23	Uránusz 3° -kal délre a Holdtól
7	03	Neptunusz 3° -kal délre a Holdtól
7	14	Merkur 3° -kal délre a Holdtól
14	03,3	Algol minimumban
17	00,1	Algol minimumban

Nap	Óra	
19	20	Aldebaran 1°-kal délre a Holdtól
19	20,9	Algol minimumban
21	08	Jupiter 5°-kal északra a Holdtól
23	17,7	Algol minimumban
24	07	Mars 9°-kal északra a Holdtól
26	13	Szaturnusz 5°-kal északra a Holdtól

Február

Bolygók

Merkur előretartó mozgást végez 1-től 4-ig a Nyilas, 4 től 20-ig a Bak, utána a Vízöntő csillagképben. A hó első napjaiban fél órával kel a Nap előtt és még megkereshető közvetlenül napkelte előtt a délnyugati égbolton. 27-én felső együttállásban a Nappal. Fázisa 1-én 0,89, fényessége —0,2 magnitúdó, mindkettő növekedő. — *Vénusz* előretartó mozgást végez 10-ig a Bak, utána a Vízöntő csillagképben. A hó végén fél órával nyugszik a Nap után és megkeresése újra megkísérélhető napnyugta után a nyugati égbolton. 25-én fázisa 0,99, fényessége —3,4 magnitúdó, mindkettő csökkenő. — *Mars* hátráló mozgást végez 5-ig a Rák, utána az Ikrék csillagképben. Napkelte előtt nyugszik és az egész éjszaka folyamán látható. — *Jupiter* 20-ig hátráló, utána előretartó mozgást végez a Bika csillagképben. A hajnali órákban nyugszik és az éjszaka első felében figyelhető meg. — *Szaturnusz* hátráló mozgást végez az Oroszlán csillagképben. Az egész éjszaka folyamán megfigyelhető. 16-án szembenállásban a Nappal. — *Uránusz* 19-ig előretartó, utána hátráló mozgást végez a Mérleg csillagképben. Éjfélkor kel és a hajnali órákban újból megfigyelhető. — *Neptunusz* előretartó mozgást vége a Kigyótartó csillagképben. A Nap közelsége miatt nem figyelhető meg.

Megfigyelhető jelenségek

Nap	Óra	
1	07	Uránusz 3°-kal délre a Holdtól
6	01,8	Algol minimumban
8	22,6	Algol minimumban
11	19,4	Algol minimumban
16	03	Aldebaran 1°-kal délre a Holdtól
17	07	Mars 3°-kal délre a Polluxtól
17	12	Jupiter 5°-kal északra a Holdtól
19	21	Mars 9°-kal északra a Holdtól
22	16	Szaturnusz 5°-kal északra a Holdtól
26	03,5	Algol minimumban

Március

Bolygók

Merkur előretartó mozgást végez 7-ig a Vízöntő, utána a Halak csillagképben. A hó második harmadában egy órával, a harmadik harmadában másfél órával nyugszik a Nap után. A hó utolsó két harmadában figyelhető meg az esti szürkületben a nyugati égbolton. 24-én legnagyobb keleti kitérésben 19° távolságra a Naptól. 21-én fázisa 0,58, fényessége $-0,4$ magnitúdó, mindkettő csökkenő. — **Vénusz** előretartó mozgást végez 4-ig a Vízöntő, utána a Halak csillagképben. A hó elején fél, a végén másfél órával nyugszik a Nap után. Mint alkonycsillag újra látható napnyugta után a nyugati égbolton. 17-én fázisa 0,98, fényessége $-3,4$ magnitúdó, mindkettő csökkenő. — **Mars** 2-ig hátráló, utána előretartó mozgást végez az Ikrek csillagképben. A hajnali órákban nyugszik és az éjszaka első felében figyelhető meg. — **Jupiter** előretartó mozgást végez a Bika csillagképben. Éjfél után nyugszik és az éjszaka első felében figyelhető meg. — **Szaturnusz** hátráló mozgást végez az Oroszlán csillagképben. A hajnali szürkület előtt nyugszik és az egész éjszaka folyamán megfigyelhető. — **Uránusz** hátráló mozgást végez a Mérleg csillagképben. Éjfél előtt kel és a hajnali órákban figyelhető meg. — **Neptunusz** 20-ig előretartó, utána hátráló mozgást végez a Kígyótartó csillagképben. A hó második felében éjfélkor kel és megkeresése újra megkísérrelhető a hajnali délkeleti égbolton.

Megfigyelhető jelenségek

Nap	Óra	
1	00,3	Algol minimumban
2	21	Neptunusz 4° -kal délre a Holdtól
3	21,1	Algol minimumban
6	17,9	Algol minimumban
10	02	Vénusz 2° -kal délre a Holdtól
12	23	Merkur $1,3^\circ$ -kal északra a Vénusztól
16	22	Jupiter 5° -kal északra a Holdtól
17	06	Mars 4° -kal délre a Polluxtól
19	07	Mars 8° -kal északra a Holdtól
21	20	Szaturnusz 5° -kal északra a Holdtól
23	22,8	Algol minimumban
24	—	Teljes holdfogyatkozás, részben tőlünk is látható. A teljes fogyatkozásban levő Hold 18 órakor kel. A teljes fogyatkozás vége 18 ó 8,0 p-kor, kilépés a teljes árnyékból 19 ó 11,9 p-kor, kilépés a félárnyékból 20 ó 16,4 p-kor. A legnagyobb fázis holdátmérőben kifejezve 1,46.

Nap	Óra	
25	—	Hydridák meteorraj (március 12-től április 4-ig) gyakorisági maximuma.
26	19,6	Algol minimumban
27	18	Uránusz 3°-kal délre a Holdtól
28	20	Merkur 4°-kal északra a Vénusztól
30	02	Neptunusz 4°-kal délre a Holdtól

Április

Bolygók

Merkur 1-ig előretartó, 1-től 24-ig hátráló, utána újra előretartó mozgást végez a Halak csillagképben. A hó első napjaiban egy órával nyugszik a Nap után és még megfigyelhető napnyugta után a nyugati égbolton. A hó végén fél órával kel a Nap előtt és megfigyelése újra megkísérelhető napkelte előtt a keleti égbolton. 11-én alsó együttállásban a Nappal. 2-án fázisa 0,14, fényessége +1,4 magnitúdó, mindkettő csökkenő. 30-án fázisa 0,25, fényessége +1,2 magnitúdó, mindkettő növekedő. — *Vénusz* előretartó mozgást végez 1-től 21-ig a Kos, utána a Bika csillagképben. A hó elején másfél, a végén két órával nyugszik a Nap után. Mint alkonycsillag látszik az esti szürkületben a nyugati égbolton. 18-án fázisa 0,93, csökkenő, fényessége —3,3 magnitúdó, alsó fordulópontban. — *Mars* előretartó mozgást végez 1-től a Rák csillagképben. Éjfél után nyugszik és az éjszaka első felében figyelhető meg. — *Jupiter* előretartó mozgást végez 9-ig a Bika, utána az Ikrek csillagképben. Éjfélnél nyugszik és a kora esti órákban figyelhető meg. — *Szaturnusz* 25-ig hátráló, utána előretartó mozgást végez az Oroszlán csillagképben. A hajnali órákban nyugszik és az éjszaka első felében figyelhető meg. — *Uránusz* hátráló mozgást végez a Mérleg csillagképben. A hó első felében a kora esti órákban kel és a késő esti óráktól kezdve figyelhető meg. A hó végén már az egész éjszaka folyamán látható. 24-e és 28-a között egy fél tized fokkal halad el az α Librae kettőscsillag felett, ezzel egy kis háromszöget képezve és kedvező alkalmat nyújtva megkeresésére. — *Neptunusz* hátráló mozgást végez a Kígyótartó csillagképben. Éjfélnél kel és a hajnali órákban megkereshető a délkeleti égbolton.

Megfigyelhető jelenségek

Nap	Óra	
3	—	Virginidák meteorraj (március 21-től május 10-ig) gyakorisági maximuma
7	15	Részleges napfogyatkozás, tőlünk nem látható. A részleges fogyatkozás Dél-Amerika és Dél-Afrika déli részéről, az Atlanti-óceán déli részéről és az Antarktisz atlanti-óceáni részeiről látható.

Nap	Óra	
9	04	Vénusz 3°-kal északra a Holdtól
11	20	Aldebaran 0,8°-kal délre a Holdtól. Ez alkalommal tölünk is látható amint az Aldebarant a Hold elfedi. Belépés a Hold sötét pereme mögé 20 óra 10 perckor, kilépés a holdsarló mögül 20 óra 46 perckor.
13	13	Jupiter 5°-kal északra a Holdtól
16	08	Mars 7°-kal északra a Holdtól
18	03	Szaturnusz 5°-kal északra a Holdtól
21	—	Lyridák meteorraj (április 19-től 24-ig) gyakorisági maximuma. Fényesek.
24	00	Uránusz 3°-kal délre a Holdtól
26	08	Neptunusz 4°-kal délre a Holdtól

Május

Bolygók

Merkur előretartó mozgást végez 14-ig a Halak, 14-től 30-ig a Kos, utána a Bika csillagképben. A hó folyamán háromnegyed órával kel a Nap előtt, és napkelte előtt figyelhető meg a keleti égbolton. 9-én legnagyobb nyugati kitérésben 26° távolságra a Naptól. 16-án fázisa 0,52, fényessége +0,4 magnitúdó, mindkettő növekvő. — *Vénusz* előretartó mozgást végez 20-ig a Bika, utána az Ikrek csillagképben. A hó folyamán két és fél órával nyugszik a Nap után és mint alkonyicsillag látható a kora esti órákban. 16-án fázisa 0,88, fényessége —3,4 magnitúdó, mindkettő növekedő. — *Mars* előretartó mozgást végez 18-ig a Rák, utána az Oroszlán csillagképben. Éjfél után nyugszik és az éjszaka első felében figyelhető meg. — *Jupiter* előretartó mozgást végez az Ikrek csillagképben. A késő esti órákban nyugszik és a kora esti órákban még megfigyelhető a nyugati égbolton. — *Szaturnusz* előretartó mozgást végez az Oroszlán csillagképben. Éjfél után nyugszik és a késő esti órákig megfigyelhető. — *Uránusz* hátráló mozgást végez a Mérleg csillagképben. Az egész éjszaka folyamán megfigyelhető. 5-én szembenállásban a Nappal, egyharmad fokkal keletre az α Librae kettőscsillagtól. — *Neptunusz* hátráló mozgást végez a Kígyótartó csillagképben. Az esti órákban kel és az éjszaka második felében figyelhető meg a keleti égbolton.

Megfigyelhető jelenségek

Nap	Óra	
4	—	η Aquaridák meteorraj (április 22-től május 12-ig) gyakorisági maximuma. Maradandó nyommal.
5	03	Merkur 2°-kal délre a Holdtól

Nap	Óra	
5	22	Vénusz 6°-kal északra az Aldebarantól
9	03	Aldebaran 1°-kal délre a Holdtól
11	06	Jupiter 5°-kal északra a Holdtól
21	08	Uránusz 3°-kal délre a Holdtól
23	04,0	Algol minimumban
29	03	Vénusz 2°-kal északra a Jupitertől

Június

Bolygók

Merkur előretartó mozgást végez 17-ig a Bika, utána az Ikrek csillagképben. A hó végén egy órával nyugszik a Nap után és az esti szürkületben figyelhető meg. 14-én felső együttállásban a Nappal. 29-én fázisa 0,82, fényessége —0,6 magnitúdó, mindkettő csökkenő. — **Vénusz** előretartó mozgást végez 13-ig az Ikrek, utána a Rák csillagképben. A hó folyamán két és fél órával nyugszik a Nap után és mint alkonycsillag látható a kora esti órákban a nyugati égbolton. 17-én fázisa 0,79, csökkenő, fényessége —3,4 magnitúdó, növekedő. — **Mars** előretartó mozgást végez az Oroszlán csillagképben. Éjfél előtt nyugszik és az esti órákban figyelhető meg. — **Jupiter** előretartó mozgást végez az Ikrek csillagképben. A hó elején két, a közepén másfél órával nyugszik a Nap után. A hó első felében még megfigyelhető az esti szürkületben a nyugati égbolton. — **Szturnusz** előretartó mozgást végez az Oroszlán csillagképben. Éjfél előtt nyugszik és a kora esti órákban még megfigyelhető. — **Uránusz** hátráló mozgást végez a Mérleg csillagképben. Éjfél után nyugszik és az éjszaka első felében figyelhető meg. — **Neptunusz** hátráló mozgást végez a Kígyótartó csillagképben. Az egész éjszaka folyamán látható. 8-án szembenállásban a Nappal, a θ Ophiuchitól 5°-kal keletre.

Megfigyelhető jelenségek

Nap	Óra	
5	00	Pallas szembenállásban a Nappal, a δ Herculis mellett látható. Fényessége +9,4 magnitúdó.
5	01	Vesta szembenállásban a Nappal, az η Ophiuchitól nyugatra. Fényessége +6,2 magnitúdó.
5	01	Mars 0,1°-kal délre a Szturnusztól
8	01	Jupiter 5°-kal északra a Holdtól
9	00	Vénusz 7°-kal északra a Holdtól
11	01	Vénusz 5°-kal délre a Polluxtól
11	22	Szturnusz 5°-kal északra a Holdtól

Nap	Óra	
12	04	Mars 4°-kal északra a Holdtól
14	—	Scorpius-Sagittaridák meteorraj (április 20-tól július 30-ig) gyakorisági maximuma
15	02,5	Algol minimumban
16	—	Lyridák meteorraj (június 10-től 21-ig) gyakorisági maximuma. Kékes meteorok, halvány nyommal.
20	01	Neptunusz 3°-kal délre a Holdtól
24	09	Merkur 2°-kal északra a Jupitertől

Július

Bolygók

Merkur előretartó mozgást végez 2-ig az Ikrek, 2-től 14-ig a Rák, utána az Oroszlán csillagképben. A hó első felében másfél, a második felében egy órával nyugszik a Nap után. Az év folyamán e hónapban kerül megfigyelésre legkedvezőbb helyzetbe, az esti szürkületben a nyugati égbolton. 22-én legnagyobb keleti kitérésben 27° távolságra a Naptól. 11-én fázisa 0,62, fényessége +0,2 magnitúdó, mindkettő csökkenő. — *Vénusz* előretartó mozgást végez 1-től az Oroszlán csillagképben. Két órával nyugszik a Nap után és mint alkonyicsillag látható a kora esti órákban a nyugati égbolton, 19-én fázisa 0,68, csökkenő, fényessége —3,6 magnitúdó, növekedő. — *Mars* előretartó mozgást végez 23-ig az Oroszlán, utána a Szűz csillagképben. Az esti órákban nyugszik és az esti szürkületben figyelhető meg a nyugati égbolton. — *Jupiter* előretartó mozgást végez az Ikrek csillagképben. A Nap közelsége miatt nem figyelhető meg. 10-én együttállásban a Nappal. — *Szaturnusz* előretartó mozgást végez az Oroszlán csillagképben. A kora esti órákban nyugszik és az esti szürkületben még megfigyelhető. — *Uránusz* 21-ig hátráló, utána előretartó mozgást végez a Mérleg csillagképben. Éjjél előtt nyugszik és a kora esti órákban még megfigyelhető. — *Neptunusz* hátráló mozgást végez a Kígyótartó csillagképben. Éjjél után nyugszik és az éjszaka első felében figyelhető meg.

Megfigyelhető jelenségek

Nap	Óra	
8	01,0	Algol minimumban
9	06	Vénusz 5°-kal északra a Holdtól
9	09	Szaturnusz 4°-kal északra a Holdtól
15	01	Uránusz 3°-kal délre a Holdtól

Nap	Óra	
28	—	δ Aquaridák meteorraj (július 15-től augusztus 15-ig) gyakorisági maximuma. Kettős radiánssal.
28	02,7	Algol minimumban
28	03	Merkur 3°-kal délre a Regulustól
29	21	Aldebaran 0,7°-kal délre a Holdtól
30	23,6	Algol minimumban
31	23	Merkur 5°-kal délre a Szaturnustól

Augusztus

Bolygók

Merkur 4-ig előretartó, 4-től 27-ig hátráló, utána újból előretartó mozgást végez az Oroszlán csillagképben. A hó utolsó napjaiban egy órával kel a Nap előtt és újra megfigyelhető napkelte előtt a keleti égbolton. 18-án alsó együttállásban a Nappal. 28-án fázisa 0,15, fényessége +1,3 magnitúdó, mindkettő növekedő. — *Vénusz* előretartó mozgást végez 2-ig az Oroszlán, utána a Szűz csillagképben. Másfél órával nyugszik a Nap után és mint alkonycsillag látható az esti szürkület folyamán. 16-án fázisa 0,56, csökkenő, fényessége —3,8 magnitúdó, növekedő. — *Mars* előretartó mozgást végez a Szűz csillagképben. Az esti szürkület után nyugszik és napnyugta után még megfigyelhető a délnyugati égbolton. — *Jupiter* előretartó mozgást végez 23-ig az Ikrek, utána a Rák csillagképben. A hó elején két, a végén három és fél órával kel a Nap előtt. A hó elején a hajnali szürkületben, a végén a hajnali órákban újra megfigyelhető. — *Szaturnusz* előretartó mozgást végez az Oroszlán csillagképben. A Nap közelsége miatt nem figyelhető meg, 27-én együttállásban a Nappal. — *Uránusz* előretartó mozgást végez a Mérleg csillagképben. A Nap közelsége miatt nem figyelhető meg. — *Neptunusz* 28-ig hátráló, utána előretartó mozgást végez a Kigyótartó csillagképben. A hó első felében éjfélkor nyugszik és még megfigyelhető az esti órákban.

Megfigyelhető jelenségek

Nap	Óra	
1	—	Capricornidák meteorraj (július 15-től augusztus 20-ig) gyakorisági maximuma. Sárga tűzgömbök.
2	20,4	Algol minimumban
4	05	Merkur 5°-kal délre a Szaturnustól
5	20	Merkur 2°-kal délre a Holdtól
5	21	Szaturnusz 4°-kal északra a Holdtól

Nap	Óra	
6	—	ι Aquaridák meteorraj (július 15-től augusztus 25-ig) gyakorisági maximuma. Kettős radiánssal.
8	02	Vénusz 0,4°-kal délre a Holdtól
10	23	Merkur 5°-kal délre a Regulustól
11	08	Uránusz 3°-kal délre a Holdtól
12	—	ζ Cygni maximumban
12	—	Perseidák meteorraj (július 25-től augusztus 18-ig) gyakorisági maximuma. Fényes, széttöredező meteorok, halvány nyommal.
17	04,4	Algol minimumban
20	—	κ Cygnidák meteorraj (augusztus 11-től 21-ig) gyakorisági maximuma. Robbanó tűzgömbökkel.
20	01,3	Algol minimumban
22	22,1	Algol minimumban
26	04	Aldebaran 0,5°-kal délre a Holdtól. Ez alkalommal tőlünk is megfigyelhető amint az Aldebarant a Hold elfedi. A belépés a fényes holdperemnél 2 óra 52 perckor, a kilépés a Hold sötét része mögül 4 óra 6 perckor látható.

Szeptember

Bolygók

Merkur előretartó mozgást végez 22-ig az Oroszlán, utána a Szűz csillagképben. A hó elején másfél, a közepén egy, a végén fél órával kel a Nap előtt. A hó első felében a hajnali szürkületben, utána már csak napkelte előtt figyelhető meg a keleti égbolton. 4-én legnagyobb nyugati kitérésben 18° távolságra a Naptól, 30-án alsó együttállásban a Nappal. 5-én fázisa 0,46, fényessége 0,0 magnitúdó, mindkettő növekedő. — *Vénusz* előretartó mozgást végez 17-ig a Szűz, utána a Mérleg csillagképben. Egy órával nyugszik a Nap után, és mint alkonycsillag látható az esti szürkületben. 17-én fázisa 0,38, csökkenő, fényessége —4,2 magnitúdó, növekedő. — *Mars* előretartó mozgást végez a Szűz csillagképben. Az esti szürkület után nyugszik és napnyugta után még látható a délnyugati égbolton. — *Jupiter* előretartó mozgást végez a Rák csillagképben. Éjfél után kel és a hajnali órákban figyelhető meg. — *Szaturnusz* előretartó mozgást végez az Oroszlán csillagképben. A hó közepén másfél, a végén két órával kel a Nap előtt. Újra megfigyelhető a hajnali szürkületben a keleti égbolton. — *Uránusz* előretartó mozgást végez a Mérleg csillagképben. A Nap közelsége miatt nem figyelhető meg. — *Nep-tunusz* előretartó mozgást végez a Kígyótartó csillagképben. A Nap közelsége miatt nem figyelhető meg.

Megfigyelhető jelenségek

Nap	Óra	
1	06	Merkur 2°-kal északra a Holdtól
5	22	Mars 2°-kal délre a Holdtól
8	22	Mars 2°-kal északra a Spicától
9	03,0	Algol minimumban
10	01	Neptunusz 4°-kal délre a Holdtól
11	23,8	Algol minimumban
12	—	Piscidák meteorraj (augusztus 16-tól október 8-ig) gyakorisági maximuma
13	16	Merkur 0,1°-kal északra a Szaturnusztól
14	20,6	Algol minimumban
16	—	Teljes holdfogyatkozás, tőlünk is látható. Belépés a félárnyékba 17 ó 20,7 p-kor, belépés a teljes árnyékba 18 ó 20,2 p-kor, teljes fogyatkozás kezdete 19 ó 24,5 p-kor, teljes fogyatkozás vége 20 ó 44,2 p-kor, kilépés a teljes árnyékból 21 ó 48,1 p-kor, kilépés a félárnyékból 22 ó 48,4 p-kor. A legnagyobb fázis holdátmérőben kifejezve 1,33.
27	03	Jupiter 5°-kal északra a Holdtól
28	—	Mira Ceti maximumban
28	01	Vénusz 6°-kal délre az Uránusztól
30	00	Szaturnusz 3°-kal északra a Holdtól

Október

Bolygók

Merkur előretartó mozgást végez 18-ig a Szűz, utána a Mérleg csillagképben. E hó folyamán a Nap közelsége miatt nem figyelhető meg. — *Vénusz* 18-ig előretartó, utána hátráló mozgást végez a Mérleg csillagképben. A hó közepén fél órával nyugszik a Nap után és mint alkonycsillag látható a hó első felében napnyugta után. Legnagyobb fényességét (—4,3 magnitúdó) 3-án éri el. Fázisa ugyanekkor 0,26, csökkenő. — *Mars* előretartó mozgást végez 1-től a Mérleg csillagképben. A Nap közelsége miatt nem figyelhető meg. — *Jupiter* előretartó mozgást végez a Rák csillagképben. Éjfél előtt kel és az éjszaka második felében figyelhető meg. — *Szaturnusz* előretartó mozgást végez az Oroszlán csillagképben. A hó elején két és fél, a végén másfél órával kel éjfél után, és a hajnali órákban figyelhető meg. — *Uránusz* előretartó

mozgást végez a Mérleg csillagképben. A Nap közelsége miatt nem figyelhető meg. — *Neptunusz* előretartó mozgást végez a Kígyótartó csillagképben. A Nap közelsége miatt nem figyelhető meg.

Megfigyelhető jelenségek

Nap	Óra	
2	01,5	Algol minimumban
2	07	Részleges napfogyatkozás, tőlünk nem látható. A részleges fogyatkozás Szibériából, Kelet-Ázsiából és a Csendes-óceán kelet-ázsiai részeiről látható.
4	14	Mars 4°-kal délre a Holdtól
4	22,3	Algol minimumban
4	23	Uránusz 4°-kal délre a Holdtól
5	05	Vénusz 9°-kal délre a Holdtól
7	07	Neptunusz 4°-kal délre a Holdtól
7	19,1	Algol minimumban
12	03	Mars 0,6°-kal délre az Uránusztól
19	21	Aldebaran 0,5°-kal délre a Holdtól
20	09	Vénusz 7°-kal délre a Marstól
21	—	Orionidák meteorraj (október 16-tól 27-ig) gyakorisági maximuma. Többszörös radiánssal, maradandó nyommal.
22	03,2	Algol minimumban
24	18	Jupiter 4°-kal északra a Holdtól
24	19	Merkur 2°-kal délre az Uránusztól
25	00,0	Algol minimumban
27	05	Merkur 5°-kal északra a Vénusztól
27	20,8	Algol minimumban
30	17,7	Algol minimumban

November

Bolygók

Merkur 25-ig előretartó, utána hátráló mozgást végez. 3-ig a Mérleg, 3-tól 8-ig a Skorpió, utána a Kígyótartó csillagképben tartózkodik. A hó elején és végén egy fél, a közepén egy órával nyugszik a Nap után. Napnyugta után figyelhető meg a délnyugati égbolton. 16-án legnagyobb keleti kitérésben 23° távolságra a Naptól. 24-én fázisa 0,35, fényessége +0,3 magnitúdó, mindkettő csökkenő. — *Vénusz* 26-ig hátráló, utána előretartó mozgást végez a Mérleg csillagképben. A hó közepén egy órával, a végén már három órával kel a Nap előtt. A hó közepén még csak napkelte előtt, a végén már

a hajnali órákban újra látható mint hajnalcsillag a délkeleti égbolton. 7-én alsó együttállásban a Nappal. 28-án fázisa 0,12, fényessége —4,2 magnitúdó, mindkettő növekedő. — *Mars* előretartó mozgást végez 1-től 11-ig a Skorpió, utána a Kigyótartó csillagképben. A Nap közelsége miatt nem figyelhető meg. — *Jupiter* 26-ig előretartó, utána hátráló mozgást végez a Rák csillagképben. Az esti órákban kel és a késő esti óráktól kezdve figyelhető meg. — *Szturnusz* előretartó mozgást végez az Oroszlán csillagképben. Éjfélkor kel és a hajnali órákban figyelhető meg. — *Uránusz* előretartó mozgást végez a Mérleg csillagképben. A Nap közelsége miatt nem figyelhető meg. 9-én együttállásban a Nappal. — *Neptunusz* előretartó mozgást végez a Kigyótartó csillagképben. A Nap közelsége miatt nem figyelhető meg.

Megfigyelhető jelenségek

Nap	Óra	
2	06	Merkur 7°-kal délre a Holdtól
9	—	Tauridák meteorraj (október 18-tól november 30-ig) gyakorisági maximuma. Kettős radiánssal, gyakori tűzgömbökkel.
14	01,7	Algol minimumban
16	06	Aldebaran 0,6°-kal délre a Holdtól. Ez alkalommal tőlünk is megfigyelhető amint a Hold az Aldebarant elfedi. Belépés a Hold megvilágított pereménél 6 óra 32 perckor.
16	22,6	Algol minimumban
17	—	Leonidák meteorraj (november 15-től 19-ig) gyakorisági maximuma. Fényesek, maradandó nyommal.
18	00	Merkur 4°-kal délre a Neptunusztól
19	19,4	Algol minimumban
21	06	Jupiter 4°-kal északra a Holdtól
24	02	Szturnusz 3°-kal északra a Holdtól
26	08	Mars 2°-kal délre a Neptunusztól
28	04	Merkur 3°-kal délre a Holdtól
28	22	Uránusz 4°-kal délre a Holdtól
29	20	Merkur 0,1°-kal északra a Marstól

December

Bolygók

Merkur 16-ig hátráló, utána előretartó mozgást végez. 11-ig a Kigyótartó, 11-től 13-ig a Skorpió, utána újból a Kigyótartó csillagképben tartózkodik. A hó közepén egy, a végén egy és háromnegyed órával kel a Nap előtt. A hó

második felében figyelhető meg a hajnali szürkületben a délkeleti égbolton. 5-én alsó együttállásban a Nappal. 26-án fázisa 0,66, fényessége $-0,2$ magnitúdó, mindkettő növekedő. — *Vénusz* előretartó mozgást végez a Mérleg csillagképben. A hó elején három, a végén négy órával kel a Nap előtt. Mint hajnalcsillag látható a délkeleti égbolton a hajnali órákban. Legnagyobb fényességét ($-4,4$ magnitúdó) 14-én éri el. Fázisa ugyanekkor 0,26, növekedő. — *Mars* előretartó mozgást végez 6-ig a Kígyótartó, utána a Nyilas csillagképben. A Nap közelsége miatt nem figyelhető meg. — *Jupiter* hátráló mozgást végez a Rák csillagképben. A kora esti órákban kel és az egész éjszaka folyamán megfigyelhető. — *Szaturnusz* 25-ig előretartó, utána hátráló mozgást végez az Oroszlán csillagképben. Éjfél előtt kel és az éjszaka második felében figyelhető meg. — *Uránusz* előretartó mozgást végez a Mérleg csillagképben. A Nap közelsége miatt nem figyelhető meg. — *Neptunusz* előretartó mozgást végez a Kígyótartó csillagképben. A Nap közelsége miatt nem figyelhető meg.

Megfigyelhető jelenségek

Nap	Óra	
4	03,5	Algol minimumban
7	00,3	Algol minimumban
9	21,1	Algol minimumban
12	17,9	Algol minimumban
14	—	Geminidák meteorraj (december 7-től 15-ig) gyakorisági maximuma. Gyakran tűzgömbökkel, sok teleszkopikus meteorral.
22	—	Ursidák meteorraj (december 17-től 24-ig) gyakorisági maximuma
26	13	Vénusz $0,9^\circ$ -kal délre a Holdtól
27	02,0	Algol minimumban
28	06	Merkur 3° -kal délre a Holdtól
29	22,8	Algol minimumban
31	20	Merkur $0,3^\circ$ -kal délre a Neptunusztól

G. I.

A MAGYAR TUDOMÁNYOS AKADEMIA
CSILLAGVIZSGÁLÓ INTÉZETÉNEK MŰKÖDÉSE

(1976 február 1-től 1976 december 31-ig)

1976 folyamán intézetünk piszkésetetói és bajai obszervatóriumának intenzív fejlesztése tovább folytatódott, és nagyarányú felújítási munkák is elkezdődtek.

A Piszkésetetőn a korábbi években üzembehelyezett TPA/i számítógép és a hozzá csatlakozó CAMAC real-time perifériák softwarejét a KFKI OS/i operációs rendszerének adaptálásával fejlesztettük tovább. Az OS/i CAMAC BASIC a háttérmemóriát is hozzáférhetővé tette, így mód volt a korábbi 8K BASIC nyelven írt fotométer vezérlő programot úgy továbbfejleszteni, hogy az a mérés időtartama alatt a szükséges redukálást is elvégezze. OS/i BASIC-re átirtuk a korábbi polariméter vezérlő programot is. Program készült a teleszkópnak és a készülő időrendszernek vezérlésére. A disk rendszeres használata megkövetelte a számítógép hálózatról való leválasztását. Az EVIG közreműködésével erre a célra háromfázisú motorgenerátort állítottunk üzembe.

A piszkésetetói új időrendszer teljes tervezési munkáit elvégeztük és a szerelését is elkezdtük. Elkészültek az észlelőkupolákat és a központi épületet összekötő kábelcsatornák. Ezek az időrendszer és számítógépes kapcsolat kábelein kívül a tűzjelző készülékek és a telefonhálózat vezetékkeit is tartalmazták.

Jelentősen előrehaladtunk egy új, az RCC teleszkóphoz készülő, teljesen automatikus kétcatornás fotométer tervezésében és kivitelezésében. Ennek összes elektronikus áramkörét kísérleti formában megépítettük és bevizsgáltuk. Elkezdtük a viszonylag bonyolult mechanika legyártását és az optikai elemek összeállítását.

Üzembe helyeztük az ELTE Csillagászati Tanszék által vásárolt Cassegrain spektrográfort és meghatároztuk a beszabályzott készülék felbontóképességét (1.7A). Megterveztük az üzemeltetéshez szükséges expozícióméter egyes áramköreit és kísérleti formában megépítve ellenőriztük a szóban forgó kapcsolások működését.

Bajai obszervatóriumunk számára egy modern, mesterséges hold észlelő műszer (DVT) elkészítésére kötöttünk szerződést a Műszeripari Kutató

Intézzetel. Az új műszernek 1977 végére kell elkészülnie, s már az új, szegedi úti megfigyelőhelyen kerül felállításra. A szegedi úti volt iskolaépület felújítása és céljainknak megfelelő átalakítása az év folyamán megkezdődött. Elkészültek az AFU, DVT és SBG műszerek befogadására szolgáló észlelőház tervei.

A folyamatos redukálások és számítások meggyorsítására egy újabb kalkulátort (SR 52) szereztünk be.

A beszámolási időszakban az intézet létszámában csak kisebb változások következtek be.

A Változócsillag osztályon Vad Zoltán helyett Kocsis Gusztávot alkalmaztuk. A Stellárstatisztikai osztályon Vízi Zsuzsa egy. tanársegédet külső munkatársnak, az Égimechanika és alkalmazásai osztályon Both Elődöt tud. gyakornoknak neveztek ki. Gilián Márta és Legát Mária eltávozott, helyettük Somogyvári Attilát alkalmaztuk. A Műszaki és mérés technikai csoportnál Ángyás László műszaki ügyintéző, Filó László gépkocsivezető helyett pedig Szilágyi László lépett be.

A beszámolási időszakban kutatásainkat a következő tudományos témákban folytattuk:

I. Változócsillagok

A változócsillagok megfigyelését a szabadsághegyi 60 cm-es, a piszkéstetői 1 m-es és 50 cm-es teleszkópokkal végeztük (utóbbin — a kupola felújítása miatt — csak 1976 május végéig).

A megfigyelések szempontjából az 1976-os esztendő időjárása kedvezőtlen volt. A Szabadsághegyen mindössze 102 éjszaka folyhatott megfigyelés. A megfigyelési éjszakák száma hónapok szerint a következő volt: januárban 5, februárban 13, márciusban 10, áprilisban 10, májusban 11, júniusban 12, júliusban 12, augusztusban 4, szeptemberben 9, októberben 9, novemberben 2 és decemberben 5.

1976 folyamán a következő résztémákban értünk el eredményeket:

a) Nagy intenzitással figyeltük meg az RR Lyrae és RS Boo Blazsko-effektusos változókat. Az RR Lyrae 4 éves ciklusának közepén van, nem mutat semmi rendellenességet. Az RS Boo-ról nyert észlelésekből annyi állapítható meg, hogy a másodperiódus karakterisztikus görbéinek amplitúdói évről évre kicsik maradnak, de formájuk jelentősen változik. Ez nehezíti a pontos másodperiódus hosszának meghatározását is. Az anyaggyűjtést folytattuk a TT Cnc és XZ Dra fénygörbe-változós csillagokra is.

Megkezdtek a Budapesten összegyűjtött nagyszámú megfigyelés feldolgozását a mező RR Lyrae csillagokra. Ennek során a következő változók periódusváltozásait vizsgáljuk: XX And, AT And, X Ari, ST Boo, W CVn, S Com,

UY Cyg, SU Dra, SW Dra, RR Gem, SZ Gem, TW Her, VX Her, VZ Her, RR Leo, V LMi, TT Lyn, AV Peg, BH Peg, AR Per, TU UMa, AT Ser és AV Vir.

Az 1 m-es RCC teleszkóp ideális műszer gömbhalmazok fotografálására, így tovább folytatjuk halmaz-változó programunkat. A következő gömbhalmazokról készültek felvételek: Messier 3 (54 felvétel), Messier 5 (56), Messier 15 (66), Messier 53 (3), Messier 56 (12), Messier 71 (7), és Messier 92 (40). Minthogy az M5 és M15 változóinak háromszínfotometriáját még nem végezték el, a felvételek egy része az UBV rendszerhez közeli fotometriai rendszerben készült.

b) A törpecephidák periódus és fénygörbe változásainak vizsgálata folytatódott. A megfigyelt változók: GP And, VZ Cnc, EH Lib, és AE UMa voltak.

c) Az 5 napnál rövidebb periódusú cepheidák periódus és fénygörbe-változásának analízisa befejezésénél tart. A korábban beat cepheidának klasszifikált BC Dra-ról Stobie-val és Pickup-pal közösen a budapesti megfigyelési anyag alapján sikerült kimutatni, hogy nem beat cepheida, hanem RR Lyrae típusú változó.

Befejezéshez közeledik az északi éggömb 12.5 magnitúdónál fényesebb 5 és 10 nap közötti periódusú cepheidáinak észlelése. Elkezdjük a 10 napnál hosszabb periódusú cepheidák észlelését is.

d) Folytattuk a Z Aur, UZ Aur, VZ Cam, RU Cep, SX Her, UU Her, V463 Her, AB Leo, CK Ori és SV UMa szemireguláris változók megfigyelését. Ugyancsak minden derült éjszaka megfigyeltük az RU Cam különleges viselkedésű változót is.

e) A Nap körüli vörös törpék vizsgálatát kibővítettük. A BY Dra mellett elkezdtük a Gliese 815, 913, 83.3, 84.2, HK Lac, FF And és BD +41°2063 vörös törpe változók megfigyelését. E változók esetében a valószínűleg foltok okozta kisamplitúdójú fényváltozást és a flér-tevékenységet vizsgáljuk.

f) A fedési változók megfigyelése jó ütemben haladt előre. Sikerült átészlelni a következő változókat: TW Cas, AB Cas, VW Cep, RW CrB, SW Lyn, U Peg, RT Per és VV UMa. Az SV Cam-ról nyert több ezer megfigyelést fel dolgoztuk. Hasonló vizsgálatot végeztünk az UV Leo-ra is.

II. *Stellárstatisztika*

A megfigyeléseket főleg a piszkéstetői 60/90/180 cm-es Schmidt-teleszkóppal végeztük. Az 1976 évi felvételek megoszlása a következő volt:

Szupernóva felvétel	403
UBV felvétel	121
5°-os prizmával	49
Flér felvétel	8 (75 expozíció)
Egyéb felvétel	77
Összesen:	658 felvétel

Egy szupernóva felvételen Lovas Miklós üstököst fedezett fel (1976k). Néhány további felvétel készült az üstökösről a pontos pozíció meghatározására.

Altémáinkban a következő eredményeket értük el:

a) Tovább folytattuk a közepes galaktikai szélességeken fekvő területek stellárstatistikai vizsgálatát. A szükséges fotoelektromos szekvenszetek egy területen teljesen, négy területen pedig részben elkészítettük.

A. D. Csernyin szovjet kutatóval közösen vizsgáltuk a nyílthalmazok és a galaktikus korongban lejátszódó kozmogóniai folyamatok kapcsolatát. Ennek során új szempontok alapján megkíséreltük egységes képbe foglalni a nyílthalmazok strukturális sajátosságait és a mezőcsillagok z-irányú eloszlásában megfigyelhető törvényszerűségeket. Lezártuk a CepOB2 asszociáció IC 1396 körüli területének spektráلكlasszifikációs és UBV fotometriai vizsgálatát. Az asszociáció közepes távolsága 830 pc; a hibahatáron belül minden A2-nél korábbi csillag mutat bizonyos sűrűsödést ebben a távolságban. Az asszociáció öregebb alrendszerként még nagyszámú K—M típusú óriás van a területen. Az intersztelláris abszorpciót ($A_v \approx 1^m 5$) majdnem teljes egészében a fenti fiatal csillagok távolságában levő porfelhők okozzák.

Folytattuk a nyílthalmazok koronájának (és általában struktúrájának) vizsgálatát. Befejezéshez közeledik az NGC 2420 anyagának feldolgozása.

A Lin-elmélet obszervációs ellenőrzése keretében vizsgáltuk az egyes optikai spirálkar-indikátorok megbízhatóságát. Közülük a fiatal nyílthalmazok mutatnak optimális tulajdonságokat.

A csillagok térbeli sűrűségének meghatározásához új számítási módszert dolgoztunk ki, amely igen alkalmas számítógépes felhasználásra.

b) A szoros nemzetközi kooperációban folyó szupernóva-program keretében folytattuk a szupernóvák szisztematikus felkutatását az égbolt kiválasztott, galaxisokban gazdag területein. 1976-ban 8 szupernóvát fedeztünk fel: 4-et Anonym galaxisokban, egyet-egyet pedig az NGC 488-ban, NGC 4402-ben, IC 1231-ben és IC 1801-ben. A legfényesebb 14, a leghalványabb pedig 17.5 magnitúdós volt.

c) Szorosan együttműködve a bjurakani obszervatóriummal, folytattuk a flér-csillagok fotografikus-fotometriai statisztikai vizsgálatát a Pleiadokban és a Praesepeben. A mostoha időjárás miatt viszonylag kevés új megfigyelési anyag gyűlt össze, így csupán egyetlen új flér csillagot sikerült fölfedezni.

III. Égimechanika és alkalmazásai

A felvételek céltudatosabb elosztásával a megelőző évinél 33%-kal több vonulást tudtunk észlelni (284 vonulás, 669 felvétel). Az Ascorecord kimérőasztalt bajai obszervatóriumunkban állítottuk föl, így 260 felvételt tudtunk kimérni, ezek között 55 olyat, amelyet az Asztroszovjettől kaptunk.

a) Folytattuk a korábban kimutatott felsőlégköri aszimmetria elemzését, mintegy 30 O—C görbe alapján. Megállapítottuk, hogy az észak-déli aszimmetria nem szporadikus jelenség, hanem minden évszakban kimutatható. Részletesen elsőnek a téli évszakot vizsgáltuk. Megállapítottuk, hogy míg az északi félteke O—C görbéje a tél folyamán nem nagyon változik, addig a déli féltekére vonatkozó görbék feltűnő változásokat mutatnak. A tél elején a mért sűrűségek nagyobbak a J—72 modellbelieknél, mégpedig a pólusok felé haladva növekvő mértékben. A tél folyamán aztán az egyenlítői vidéken jelentős átrendeződés megy végbe: a tél második felében az egyenlítői vidéken a sűrűség már jóval alacsonyabb a modellbelinél, míg a közepes szélességeknél és a déli pólus környékén szinte nem történik változás. Ez a migrációs jelenség egyszerűen magyarázható, ha feltételezünk egy néhány tíz méter/sec sebességű folyamatos meridionális szelet a tél első felében.

Érdekes melléktermékként adódott az az eredmény, hogy a lokális tél idején a pólusokon nagyobb a sűrűség a modellbelinél. Ez a többlet a déli félteke téli pólusa felett nagyobb, mint az északi félteke esetében, ami egyenértékű azzal, hogy a téli déli pólus hőmérséklete magasabb, mint a téli északi pólusé.

b) A geomágneses effektussal kapcsolatban fellépő relatív sűrűség-növekedést teljes általánosságban, tetszőleges paraméter függvényében vizsgáltuk, és megállapítottuk, hogy az erősen függ a kiszemelt térbeli pont földfelszín feletti magasságától, valamint a napszakos effektus maximális sűrűségű pontjától mért szögtávolságtól. Tehát a relatív sűrűség-növekedést nem lehet a modellekben szokásos módon, csupán valamely geomágneses indexszám függvényeként leírni.

A modellek által nem magyarázott sűrűségváltozások vizsgálatában olyan 13 hónapos intervallumot dolgoztunk fel, amelyeknél mindenütt legalább 8 holddal kapcsolatos észlelési anyag állt rendelkezésre. Végleg igazolódott, hogy naptevékenységi fázisugrás esetén a felsőlégkör egyrészt még egy ideig folytatja a periódikus sűrűségváltozásokat a régi fázis szerint, másrészt az új fázissal szinkron sűrűség-ingadozások is azonnal fellépnek, szoros korrelá-

cióban a pillanatnyi deciméteres fluxussal. A jelenség okát kutatva megállapítottuk, hogy az nem mutat összefüggést a Forbush-csökkenéssel, de úgy tűnik, hogy fennáll valamely korreláció a kozmikus sugárzás kis- és közepes-energiájú komponensével.

c) Kifejlesztettünk két új eljárást a H skálamagasság meghatározására, és azt 5 ill. 3 hold anyagára próbáltuk ki. A módszerek még finomításra szorulnak, ha a H abszolút értékeit akarjuk meghatározni, de a relatív változások tanulmányozására alkalmasak. Meglepő eredményünk, hogy a H változásai csak nagyon kis mértékben függnek a naptevékenységtől.

d) Folyamatban vannak a valódi anomáliák szerint közepelt és korlátozott, sikheli háromtest problémára vonatkozó vizsgálataink. A pályák evolúcióját kívánjuk elemezni. Az eddigiekben előállítottuk a perturbáció-függvényt a perturbáló bolygó pályaeccentricitásának hatványai szerint, valamint a feladat differenciálegyenleteit.

IV. Elméleti munkák

a) Magnetohidrodinamikai kutatásaink a dinamó elmélet néhány numerikus paraméterének meghatározására irányultak. Ezekre legalkalmasabbnak a fotoszférikus és az interplanetáris mágneses tér észlelési adatai látszottak. A statisztikai analízissel végzett munka néhány új eredményt is adott: a fotoszférikus multipólus hullámok két ellenkező irányban haladó komponensből állnak, s ezek szuperpozíciója képes az igen változatos fotoszférikus mezőket leírni. A mágneses tér szerkezetére kapott eredményeket kiterjesztettük az interplanetáris térségre, s ezzel a szektorális struktúrára egyszerű magyarázatot találtunk. Minthogy a szektorhatárokon a Föld áthaladásának ideje műholdakra szerelt mágneses szonda méréseiből közvetlenül, 1926 óta pedig geomágneses észlelésekből visszamenőleg azonosítható, lehetőség van arra, hogy a MHD dinamó paramétereit pontosabban meghatározzuk.

b) Foglalkoztunk az intersztelláris anyag néhány ismeretlen eredetű spektrumvonalának kvantummechanikai elméletével. A hidrogénplazmának tekintett intersztelláris anyagban a vonalak keletkezését térben rögzített hidrogénatom+elektron rendszerből vezettük le. Ezen konfiguráció gerjesztett állapotai sejtethetőleg igen rövid élettartamúak, azonban eredményeink szerint az intersztelláris térben a kis sűrűség, a nagy észlelési mélység miatt, észlelhető vonalat ad. A számításokat kis távolságra az $n=4$ és 5 állapotokra terjesztettük ki és aszimptotikus sorbafejtéssel nagy távolságokra az $n=1,2,3,4$ állapotokra határoztuk meg.

c) Galaxis kozmogóniai és kozmológiai kutatásaink során a galaxis halmazok elemszám—látószög relációját közvetlenül a Newton-féle gravitáció-elméletből is levezettük azzal az elfogadható feltevéssel, hogy a halmazok legfényesebb galaxisaiban a csillagok össztömege is a legnagyobb, és a hal-

mazon belül a galaxisok között nincs számottevő folytonos eloszlású anyag. Új eredményünk a régebben levezetett elemszám—látószög reláció végleges igazolásának tekinthető.

Kritikai vizsgálatoknak vetettük alá a nem-konvencionális relativisztikus kozmológiai modelleket, és összegegyeztetetlennek találtuk azokkal a kozmológiai relációkkal, amelyeket korábban levezettünk. Ezek az eredményeink a megvizsgált modellek tarthatatlanságára mutattak.

Nemzetközi kapcsolataink, kutatóink oktatói és népszerűsítő tevékenysége

Kutatóink több hazai és külföldi konferencián vettek részt, s több külföldi tudóst fogadtunk.

Balázs B., Balázs L., Barcza Sz., Jankovics I., Kanyó S., Paál Gy. és Szeidl B. részt vettek az I.A.U. Grenoble-ban rendezett közgyűlésén. Itt az I.A.U. új tagjaivá választották Barlai Katalint, Illés Erzsébetet, Balázs Lajost, Barcza Szabolcsot, Jankovics Istvánt és Paál Györgyöt. Így intézetünknek már 11 kutatója tagja az I.A.U.-nak.

„A csillagok fizikája és fejlődése” több oldalú együttműködés Probléma Komissziójának prágai ülésén Balázs B. és Jankovics vettek részt.

Az Interkozmosz évi rendes Kozmikus Fizikai ülésén Ill M. tartott beszámolót az általa koordinált „Atmoszféra” program eredményeiről. Az Interkozmosz 6. szekciójának weimari tudományos konferenciáján Illés Erzsébet, Ill és Horváth vettek részt és tartottak előadásokat.

A bjurakani 2.6 m-es teleszkóp avatásán és az ahhoz csatlakozó kollokviumon Jankovics és Szeidl képviselték intézetünket.

Tanulmányúton Paparó Margit, Rupp Erzsébet és Horváth Moszkvában, Balázs B. pedig Jénában volt.

Paál két kozmológiai kollokviumon vett aktívan részt Párizsban. Balázs B. az egyetemi csillagvizsgáló meghívása alapján Bécsben előadást tartott. Horváth az MSZBT és az Akadémia közös úrkutatási kiállításának előkészítése ügyében Moszkvában járt.

Intézetünkben A. D. Csernyin, O. D. Dokucsajeva, M. A. Lurje, N. P. Kukarkina és N. A. Gorünja szovjet, J. Reiche NDK-s és A. Schnell osztrák kutatók dolgoztak hosszabb ideig. Rajtuk kívül több külföldi tudós is felkereste intézetünket, akikkel igen gyümölcsöző diskussziókat folytattunk.

A hazai rendezvények közül, melyeken kutatóink aktívan részt vettek, említésre méltó a III. Asztronautikai Tudományos ülésszak, a visegrádi Csillagászati Szeminárium, az V. Ionoszféra—Magnetoszféra Szeminárium és a visegrádi „Triangle” konferencia. Ezeket jelenlévő munkatársaink előadásokat tartottak.

A csillagászat egyetemi oktatásában aktív részt vállaltunk. Balázs B., Balázs L., Kanyó és Szeidl az Eötvös Loránd Tudományegyetemen, Ill a

József Attila Tudományegyetemen tartott előadásokat. Ugyanakkor szinte valamennyi kutatónk számos népszerűsítő előadást tartott, főleg a TIT keretében.

Az Intézet kutatóinak közleményei:

1. Balázs B.: Nagyléptékű ciklikus folyamatok a Galaxisban. MTA X. oszt. Közleményei 8/3—4, 413. old.
2. A csillagászati időmérés problémái. Magyar Állami Földtani Intézet jelentése az 1974. évről, 537. old.
3. Aktív szakaszok a galaxisok életében. Csillagászati Évkönyv az 1977. évre, 202. old.
4. Barcza Sz.: Különleges elemgyakoriságú csillagok. Csillagászati Évkönyv az 1977. évre, 161. old.
5. Csada I.: On the Dipole—Like Progressive Wave in the Photosphere (Abstract). Proc. I.A.U. Symposium No. 71.
6. Large—Scale Magnetic Dipole and Multipole Progressive Waves in the Photosphere. Solar Physics 47, 555—561.
7. Horváth A., Illés E. (T.: Almár I.): New Results Concerning the Geomagnetic Effect in the Upper Atmosphere, Nabl. ISSZ No. 15
8. Horváth A. (T.: Horváth P. és Péter I.): Digitvizuálnűj teleszkop dlja nabljgyényija szputnyikov, Nabl. ISSZ No. 15
9. (T.: Fejes I.) Rádiócsillagászat és űrkutatás Hollandiában, Föld és Ég 1976/5
10. Vikingek a Marson, Természet Világa 1976/11
11. Ill M.: Über die Nord-Süd Asymmetrie der hohen Atmosphäre, Nabl. ISSZ No. 15
12. Csillagászat-kiegészítés, egyetemi jegyzet, 37. old. JATE
13. Röntgenscsillagok, Csillagászati Évkönyv az 1977. évre 177. old.
14. Illés E.: Analiz izmenényija plotnosztyi verchnyej atmosferü sz 27 gnyevnüm ciklom, Nabl. ISSZ No. 15
15. Kanyó S.: UBV Photometry of the Multiple Periodic RR Lyrae Star RV Ursae Maioris, MTA Csillagvizsg. Int. Közleményei Nr. 69
- 16—22. Lovas M.: Supernovae in Anonym Galaxies, in NGC 488, 4402 and IC 1801, I.A.U. Circ. Nos. 2921, 2935, 2998, 2999, 3000; Information Bull. Var. Stars Nos. 1170, 1170.
23. Comet Lovas (1976k), I.A.U. Circ. No. 3009
24. Paál Gy.: Evolutionary Approach to the Missing Mass Problem of Clusters of Galaxies, Astronomische Nachrichten Bd. 297, 311—315

25. A Note on the Collective Evolution of Rich Clusters of Galaxies, Proc. Third European Astr. Meeting, pp. 474—480
26. Kozmikus ciklikusság és relativisztikus kozmológia, MTA X. oszt. Közleményei 8/3—4, 427—430 old.
27. Természettudományi Lexikon VII. Kozmológia
28. Paparó M.: Supernova in IC 1231, I.A.U. Circ. 2959
29. Patkós L.: Photoelectric Minima of Eclipsing Variables, Information Bulletin on Var. Stars No. 1200
30. Szabados L.: The Period of the Cepheid Variable BD+56°2806, Information Bulletin on Variable Stars No. 1107
31. (T.: R. S. Stobie and D. A. Pickup): BC Dra — an RR Lyrae Variable, Information Bull. Var. Stars No. 1197
32. Pulzáló változócsillagok, Csillagászati Évkönyv az 1977. évre, 144. old.
33. Szeidl B.: A csillagászat legújabb eredményei, Csillagászati Évkönyv az 1977. évre, 135. old.
34. Nachruf von L. Detre, Mitteilungen der Astron. Gesellschaft, Nr. 38. S. 7—9.
35. Periodikus változások a csillagok sugárzásában, MTA X. oszt. Közleményei 8/3—4, 407—412. old.

AZ ELTE CSILLAGÁSZATI TANSZÉKÉNEK MŰKÖDÉSE
az 1975—76 években

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

dr. Balázs Béla kandidátus, tanszékvezető docens,
dr. Földes István kandidátus, ny. docens (részfoglalkozásban),
dr. Marik Miklós kandidátus, docens
dr. Érdi Bálint adjunktus,
Szécsényi-Nagy Gábor tanársegéd,
Vizi Zsuzsanna tanársegéd,
Bérczi Szaniszló ösztöndíjas gyakornok,
dr. Balázs Lajos kandidátus, megbízott előadó,
dr. Kanyó Sándor kandidátus, megbízott előadó,
dr. Seidl Béla kandidátus, megbízott előadó,
Liptai Józsefné takarítónő (részfoglalkozásban)
Zimonyi Erzsébet adminisztrátor (gyermekgondozási szabadságon)

A Tanszék oktatói feladata, a csillagász, fizikus, matematika-fizika, kémia-fizika, geofizikus, térképész és földrajz szakos hallgatók csillagászati képzése. Jelenleg az alábbi tárgyakat oktatjuk:

A) Kötelező előadások:

Csillagászati földrajz, heti 1 óra + 1 óra gyakorlat, I. félév; I. éves földrajz-idegen nyelv-szakosoknak (Marik Miklós, Gábris Gyula adjunktus).

Csillagászat, heti 2 óra + 1 óra gyakorlat, I. félév; I. éveseknek a földtudományi alapképzés keretében (Vizi Zsuzsanna, Bérczi Szaniszló).

Kozmikus fizika, heti 2 óra, II. félév; II. éves fizikus hallgatók számára (Barta György professzor, Balázs Béla).

Planetológia, heti 2 óra, II. félév; II. éveseknek a földtudományi alapképzés keretében (Bérczi Szaniszló)

A csillagászat elemei, heti 2 óra, II. félév; IV. éves matematika-fizika szakos hallgatók számára (Marik Miklós).

Csillagászat, heti 2 óra, II. félév; IV. éves kémia-fizika szakos hallgatók számára (Szécsényi-Nagy Gábor).

Napfizika, heti 2 óra, I. félév; II. éveseknek a földtudományi alapképzés keretében (Marik Miklós).

B) Csillagász szakosoknak kötelező, mat-fiz., kém-fiz., fizikus és geofizikus hallgatók számára speciális előadások:

A háromtest probléma, heti 2 óra, I. félév; V. éves hallgatók számára (Földes István)

A hold mozgása, heti 2 óra, II. félév; V. éves hallgatók számára (Földes István).

Csillagászati műszertechnika, heti 1 óra + 1 óra gyakorlat, I-II. félév; III-V. éves hallgatók számára (Balázs Béla).

Elméleti asztrofizika, heti 2 óra, I-II. félév; IV- V. éves hallgatók számára (Marik Miklós).

Bevezetés az égi mechanikába, heti 2 óra, I-II. félév; III. éves hallgatók számára (Érdi Bálint).

Mesterséges holdak mozgása, heti 2 óra + 1 óra gyakorlat, I-II. félév; IV. éves hallgatók számára (Érdi Bálint).

Általános asztrofizika, heti 2 óra, I-II. félév; III. éves hallgatók számára (Szécsényi-Nagy Gábor).

Általános csillagászat, heti 2 óra, I-II. félév; III-V. éves hallgatóknak (Szeidl Béla).

A csillagászat legújabb eredményei, heti 1 óra + 1 óra gyakorlat, I-II. félév; III-V. éves hallgatóknak (Balázs Lajos, Kanyó Sándor).

Seminárium a szakdolgozat témaköréből, heti 10 óra gyakorlat, I-II. félév; V. éves csillagász szakos hallgatók számára (Balázs Béla, Marik Miklós, Érdi Bálint, Szécsényi-Nagy Gábor).

Csillagászati laboratórium, heti 3 óra gyakorlat, I. félév; III. éves hallgatók számára (Szécsényi-Nagy Gábor).

C) Speciális előadások:

Csillagászati megfigyelési gyakorlatok, heti 2 óra gyakorlat, I-II. félév; IV.-V. éves tanár szakos hallgatók számára (Bérczi Szaniszló, Marik Miklós).

A Tejútrendszer szerkezete, heti 2 óra, I-II. félév; III-V. éves csillagász, mat-fiz., fizikus és geofizikus hallgatók számára (Balázs Béla).

Bevezetés a csillagászatba I, heti 2 óra + 1 óra gyakorlat, I-II. félév; I. éves mat-fiz., fizikus és geofizikus hallgatók számára (Marik Miklós).

Bevezetés a csillagászatba II, heti 2 óra + 1 óra gyakorlat, I-II. félév; II.

éves mat-fiz., fizikus és geofizikus hallgatók számára (Vizi Zsuzsanna, Szécsényi-Nagy Gábor).

A szakdolgozattal kapcsolatos észlelések, heti 10 óra gyakorlat, I-II. félév; IV-V. éves csillagász szakos hallgatók számára (Balázs Béla, Szécsényi-Nagy Gábor).

Korábbi beszámolóinkhoz képest további előrelépés történt a csillagászati megfigyelési gyakorlatok területén. A Csillagvizsgáló Intézet a Tanszék rendelkezésére bocsátotta 7-es számú kupoláját is, melybe előreláthatólag még 1977 folyamán felállítjuk az időközben megérkezett 15 cm-es Zeiss-Coudé refraktort. Az új távcső további lehetőséget nyújt a csillagászképzés színvonalának emelésére. A csillagászat iránt érdeklődő elsőéves hallgatók valamint a negyedéves tanárszakos hallgatók távcsöves gyakorlatait továbbra is az Egyetem Múzeum körüli épületének toronyhelyiségében elhelyezett 10 cm-es refraktoral tartjuk.

Örvendetes tény, hogy a Tanszék mérőlaboratóriumának műszerparkja az elmúlt két évben is több százezer forint értékkel gyarapodott, emellett közepes bonyolultságú kalkulációs problémák megoldására (néhány kisebb teljesítményű mellett) két, mágneskártyán is programozható HP 65-ös típusú zsebszámológépet kaptunk, és megérkezett a Zeiss gyártmányú, kb. kétmillió Ft értékű UAGS Cassegrain spektrográf, melyet a Csillagvizsgáló Intézet 1 m-es RCC-távcsővére szerelve, főként a csillagok radiális sebességének mérésére használunk majd.

Sajnálatos viszont, hogy a Tanszéki laboratoriumi munkát, ill. színvonalas gyakorlatok tartását továbbra is erősen gátolja a helyiséghiány, melynek enyhítésére egyelőre még csak ígéretek vannak.

A Tanszéken — legutóbbi beszámolónk óta — a következő egyetemi jegyzet készült el:

Marik Miklós — Gábris Gyula: Csillagászati Földrajz (I. éves földrajz szakosoknak).

Emellett igen előrehaladott állapotban van Balázs Béla és Barta György „Kozmikus fizika” c. jegyzete, melyben a II. éves fizikus hallgatók számára a geo-ill. asztrofizika elemei kerülnek ismertetésre, továbbá Bérczi Szaniszló „Planetológia” c. jegyzete, melynek tárgya a földtudományi alapképzéshez tartozik.

Az 1973-ban megalakult Csillagászati Tudományos Diákkör Érdi Bálint irányításával igen életképesnek bizonyult. A Diákkör a beszámolási időszakban a következő tudományos ülésszakokat tartotta:

1975. április 17—20. Debrecen (MTA Napfizikai Observatóriuma),

1975. szeptember 29 — okt. 1. Visegrád,

1976. március 18—22. Szombathely (Gothard J. Asztr. Obsz.),

1976. szeptember 30 — okt. 2. Visegrád.

Emellett részt vett a szegedi Országos Tudományos Diákköri Konferencián 1975. áprilisában, ahol Bérczi Szaniszló „Holdközvetek: bazaltok, anortozitok” valamint Kovács Géza „Az elliptikus korlátozott háromtest probléma egy speciális esete” c. dolgozata II. díjat nyert. A kari diákköri konferenciák megrendezé-

sére 1975 ill. 1976 februárjában került sor. 1975-ben I. díjat kapott a már említett két dolgozat, II. díjat Bardócz András — Tóth László „*Demonstrációs eszközök és kísérletek a csillagászat oktatásában*” továbbá Taracsák Gábor: „*Asztrológia és társadalom*” c. munkája, végül III. díjat Tihanyi László — Szolcsányi György: „*Kisbolygók pályaszámítása*” c. dolgozata. 1976-ban I. díjat nyert Szabó Róbert: „*A napfoltokban észlelt hullámok eredete*” c. munkájával, II. díjat Tóth László „*Jupiter méretű sötét kísérő által okozott fényváltozás szél-sötétedés esetén*” c. dolgozatával, és végül ugyancsak ő III. díjat kapott „*Végzett-e Ptolemaiosz észleléseket*” c. fejtegetésével.

A diákköri élethez tartozik még, hogy minden ősszel és tavasszal nyilvános diákköri ülést szervezünk a Kossuth Klubban, a TIT-tel közös rendezésben, továbbá az, hogy 1976. augusztusában — Érdi Bálint és Vízi Zsuzsanna vezetésével — 10 hallgató tanulmányúton volt a kolozsvári Babes-Bolyai Egyetemen.

A tanszék továbbra is részt vállalt a csillagász szakemberek szakmai továbbképzésében. Az 1972-ben beindított *Országos Csillagászati Szemináriumon*, amely azóta az egész hazai csillagászati társadalom szakmai fóruma, a beszámolási időszakban a következő előadások hangzottak el:

Kanyó Sándor: Változócsillagok periódusingadozása,

Barcza Szabolcs: A_p és A_m csillagok,

Csada Imre: A Nap mágneses terének dinamó modellje,

H. S. Csavusjan (SZU): Vörös törpe csillagok aktivitása a Praesepeben,

W. Pfau (NDK): Diffúz csillagközi vonalak,

Szécsényi-Nagy Gábor: A Párizs — Bordeaux — Nice háromszög rejtélye nyomában,

H. Zimmermann (NDK): A csillagok keletkezése nagyleptékű lökéshullámfrontok mögött,

Szécsényi-Nagy Gábor: Az abasztumáni csillagászati iskola tapasztalatai,

N. Nikolov (Bulgária): A Rodope hegységben épülő csillagvizsgáló,

Almár Iván: A penci Kozmikus Geodéziai Obszervatórium.

1975-ben ill. 76-ban a következő hallgatók kaptak csillagász szakos diplomát:

Bardócz András, Tóth László, Both Előd, Taracsák Gábor, Vízi Zsuzsanna, Bérczi Szaniszló, Kovács Géza, Szabó Róbert, Kelemen János, Zombori Ottó, Varga Márta.

A Tanszék könyvtára a szóban forgó két évben kb. 260 000 Ft. értékű könyvvel és folyóirattal gyarapodott (553 kötet), és összértéke meghaladja az egymillió forintot.

Tanszékünkön három témakörben folytak kutatások a beszámolási időszakban:

1. *Nyílthalmazok fotometriai vizsgálata.* (Témafelelős: Balázs Béla, Kooperációban az MTA Csillagvizsgáló Intézetével.) R. White amerikai és J. Ruprecht csehszlovák csillagász közreműködésével elkészítettük a *Catalogue of star Clusters and Associations* esedékes kiegészítéseit.

A Lin-féle gravitációs sűrűség hullám elmélet obszervációs ellenőrzése keretében, a jénai egyetemi csillagvizsgálóval közösen vizsgáltuk az egyes optikai spirálkar-indikátorok alkalmazhatóságát és megbízhatóságát. Közülük a fiatal nyílthalmazok mutatnak optimális tulajdonságokat. Tevékenységünk nemzetközi elismerését jelzi, hogy témavezetőt az IAU XVI. Kongresszusán a 37-es (csillaghalmaz) Komisszió vezetőségi tagjává választották.

Folytattuk egyes nyílthalmazok fler-csillagainak statisztikai vizsgálatát. A témakörből Szécsényi-Nagy Gábor egyetemi doktori disszertációt ír.

A témakörben készített tudományos publikációk:

Balázs Béla: Nagyléptékű ciklikus folyamatok a Galaxisban. MTA X. Oszt. Közleményei, 8/3—4, 413, 1975.

Szécsényi-Nagy Gábor: Flare-ups in stars of the Pleiades field IBVS, No. 996, 1975. Contribution aux Recherches de Photométrie Photoélectrique — Nouvelles mesures dans le système *UBV*, ELTE Csillagászati Tanszékének Közleményei, 1976. 4. sz.

2. *A plazmafizika csillagászati alkalmazásai.* (Témafelelős: Marik Miklós. Részen kooperációban az MTA Csillagvizsgáló Intézetével.)

Sikerült újabb, a megfigyelésekkel az eddigieknél jobb egyezést mutató napkromoszféra modellt konstruálni. A napanyag emissziós együtthatójára a legmodernebb értékeket felhasználó modellt az ELTE *Odra 1304*-es számítógépével oldottuk meg. Ezzel ennek a témának a kutatását lezártuk, mivel folytatása csak külföldön végezhető, hosszadalmas megfigyelések után lehetséges.

Beindítottuk a „mágneses csillagok” c. témát, melynek keretén belül a „csillagfolt-tevékenységgel” is foglalkozunk.

A témakörben készített tudományos publikációk:

Marik Miklós: A többperiódusos változócsillagok periódusingadozásainak egyszerű modellje. (A Csillagászati Tanszék Közleményei, 3. szám, 6. p.

A Theoretical Model of the Chromosphere. (Bulletin of the Astronomical Institutes of Czechoslovakia, 26, 317, 1975).

3. *Égi mechanika.* (Témafelelős: Érdi Bálint. Részen kooperációban az MTA Csillagvizsgáló Intézetével.)

Az ebben a témakörben folyó kutatások a beszámolási időszakban a *Trójai kisbolygók* mozgásának vizsgálatára irányultak. Az elliptikus korlátozott háromtestprobléma térbeli esetének egy aszimptotikus megoldás segítségével sikerült a Trójai kisbolygók pályaelemeinek szekuláris változatait tisztán trigonometrikus formában megadni, ami által lehetővé vált ezen kisbolygók pályaelem-változásainak hosszú időintervallumon keresztül történő vizsgálata.

Az elért eredmények publikálásra való összefoglalása most van folyamatban.

Egyéb munkák. A beszámolási időszakban üstökösök vizsgálatával is fog-

lalkoztunk, továbbá külföldi (francia, belga) előtanulmányokat végeztünk az *UAGS*-spektroszkóppal beindítandó spektroszkópiai kutatásokkal kapcsolatban. Ezekkel kapcsolatban az alábbi közlemények jelentek meg:

Szécsényi-Nagy Gábor: Rapport préliminaire des analyses spectroscopiques effectuées à l'Observatoire de Haute-Provence (C. N. R. S. Obs. de Haute-Provence Clichothèque 1975, Vol. 9. No. 2.)

A Kobayashi—Berger—Milon üstökös fényelektromos háromszín fotometriai vizsgálata. (ELTE Csillagászati Tansz. Közl. 2. sz.).

Rapport préliminaire des études spectroscopiques effectuées à l'O. H. P. (C. N. R. S. Obs. de Haute-Provence Clichotèque 1976, Vol. 10. No. 1.)

Tanszékünk oktatói továbbra is tevékenyen részt vettek különböző nemzetközi ill. hazai tudományos szervezetek, valamint a TIT munkájában, és általában a csillagászati közművelésben. Munkatársaink lényeges részt vállaltak a TV Szabadegyeteme profilunkba vágó részének előkészítésében és megvalósításában, továbbá ebben a beszámolási időszakban is számos ismeretterjesztő cikket írtak, ill. népszerűsítő előadást tartottak.

A TIT URÁNIA BEMUTATÓ CSILLAGVIZSGÁLÓI
ÉS PLANETÁRIUMA
az 1976. évben

TIT Budapesti Uránia

Az Uránia felújítási és átalakítási munkái 1975 végére készültek el, így 1976 folyamán már a felújított bútorzatú, jobb, célszerűbb, kényelmesebb munkalehetőségeket biztosító helyiségekben folyhatott a munka. Megkönnyítette, színvonalasabbá és színesebbé tette a közvetlen ismeretterjesztő tevékenységet a korszerű felszerelés — új filmvetítő, dia- és írásvetítő, színes televízió, felújított távcső stb. Elkezdődött a lépcsőházi feljáró, az előtér és a kupola-terem átfogó, szakmai jellegű dekorációs munkája — elsősorban társadalmi munkával.

Az Uránia feladatai

1. Belső feladatok

A napi látogatók és csoportok fogadása az eddigi gyakorlatnak megfelelően folyt. A 30-nál nagyobb létszámú csoportok számára az Uránia tudományos, ill. társadalmi munkatársai tartottak előadást — többnyire előre megbeszélt vagy kért témakörből. Ezt csillagászati és űrkutatási vonatkozású filmek vetítése követte. Megfelelő idő esetén a látogatók távcsöves bemutatást kaptak.

A legtöbb iskolai látogatás az őszi és a tavaszi hónapokra esett, amidőn az általános, ill. a középiskolák földrajz, ill. fizika tantárgyai keretében a tanulók a csillagászati részhez érkeztek.

Valamivel kevesebb volt a felnőtt, elsősorban üzemi, csoportos látogatók száma, mint a felújítást megelőző években. Ennek fő oka az év esős időjárásában keresendő: a már bejelentkezett csoportok közül igen sok mondta le aznap a látogatást.

Hasonló okok miatt nem emelkedett a Citadellára kihelyezett, májustól októberig üzemelő bemutatóhelyünk forgalma sem. Ehhez járult még a külföldi turistacsoportok számának csökkenése, továbbá az augusztusi tűzijátékokat előkészítő munkák idejének növekedése: ennek tartamára ugyanis a bemutatórészelet lezárva tartják a közönség elől.

Jelentősen bővült az Urániában tartott előadások szemléltetéséhez fel-

használható anyag is. Új csillagászati filmet szereztünk be (Új ablak a Világegyetemre), és átvettük a TIT Stúdió audio-vizuális anyagai közül a csillagászatot és a rokon tudományokat érintőket.

Rendben lefolyt a hagyományos tavaszi és őszi csütörtöki sorozat 10—10 előadása. Célunk az volt, hogy új, lehetőleg fiatal szakembereket kapcsoljunk be ismeretterjesztő tevékenységünkbe. Ezt a célunkat elértük.

A tavaszi sorozat előadói és témái voltak:

dr. Kőhádi Attila: A belső bolygók geológiája; *Szécsényi-Nagy Gábor*: Az extragalaxisok tulajdonságai és osztályozásuk; *dr. Kulin György*: Az üstökösök száma; *Zombori Ottó*: A csillagok kinematikája; *dr. Balázs Lajos*: A Vénusz-átvonulások jelentősége; *Kelemen János*: A kettőscsillagok szerepe az asztrofizikában; *Patkós László*: Különleges színképű csillagok; *Vizi Zsuzsanna*: Mi van a csillagok között?; *dr. Gánti Tibor*: Exobiológiai kutatások a Naprendszerben; *Ponori Thewrewk Aurél*: Planetáriumok a Szovjetunióban.

Az őszi sorozat előadásai voltak:

dr. Guman István: A Nap fényképezése; *ifj. Gazda István*: Regiomontanus és a középkori magyar csillagászat; *dr. Szabados László*: Lükettő csillagok; *Schalk Gyula*: A planetárium és a közművelődés; *dr. Horváth András*: A szovjet űrállomások; *dr. Marik Miklós*: Törvények a csillagok világában; *Bérczi Szaniszló*: Ismerkedés a planetológiával; *dr. Balázs Béla*: Csillaghalmazok és csillagtársulások; *dr. Kőhádi Attila*: A Mars; *Barlai Katalin*: Időszámításunk és a karácsony.

Új kisorsozatunk, az Uránia Esték a terveknek megfelelően a világnézetileg fontos, ill. aktuális csillagászati vagy űrkutatási kérdésekkel, eseményekkel foglalkozott. Ilyenek voltak 1976 elején: *Tihanyi László*: A gondolkodás zsákutcái; *dr. Horváth András*: Űrkutatás a 70-es évek végén; *dr. Marik Miklós*: A sarki fénytől a Tejútrendszer szerkezetéig.

A nyári rendezvényeink a marskutató jelentős lépésével, a Viking szondákkal és azok feladataival, ill. a vizsgálatok addigi eredményeivel foglalkoztak: *dr. Horváth András*: Életkutató laboratóriumok a Marson; *Pécsi Tibor*: Van-e élet a Marson?; *dr. Kőhádi Attila*: Az arizonai meteorkráterről a Viking űrközponthoz I—II.

Az ősszel megindult TV—TIT Szabadegyetem csillagászati adásait a nagyközönség az Uránia színes tv-készülékén nézhette végig. A műsorok után a konzultációt többnyire olyan szakemberek vezették, akik a műsorokban is szerepeltek, pl. dr. Paál György, dr. Balázs Béla, dr. Balázs Lajos, dr. Marik Miklós.

Az év folyamán két ízben került sor szovjet szakemberek meghirdetett előadásaira az Urániában. Márciusban J. P. Levitán kandidátus A szovjet csillagászat sikerei, novemberben I. G. Ozsereljev tudományos főmunkatárs Az űrkutatás népgazdasági jelentősége címen tartott előadást.

Az Uránia munkatársai szerkesztik a Meteor c. kéthavi folyóiratot, amely az amatőr megfigyelésekhez szükséges útmutatásokat és az észlelési eredménye-

ket közli. A lap iránt tovább nőtt az érdeklődés, az év végén 726 volt az előfizetők száma.

Az Uránia műszereivel végezhető csillagászati megfigyeléseket az Uránia társadalmi munkatársai részben előre meghatározott program szerint végezték. Sajnos több érdekes jelenség — például az 1976. április 29-i napfogyatkozás — megfigyelését a kedvezőtlen időjárás lehetetlenné tette.

Az Uránia műhelyeiben a munka az előző évben megváltoztatott tervek szerint folyt: kevesebb típusú, de magasabb igényeket kielégítő eszközt állítottunk elő.

Elkészült a pécsi Mecseki Stúdió számára két db pénzbedobós, automata panoráma-távcső. Folyamatos szerelés alatt állt az ugyancsak a pécsi Stúdióban felállítandó 40 cm-es, Nasmyth rendszerű reflektor. Az év folyamán négy db ún. félvillás, Orgoványi-rendszerű, 15 cm-es Newton-reflektort szállítottunk le a megrendelőknek, főként vidéki TIT szervezeteknek és szaköröknek. A kisebb refraktorokból 1233 db, félkész és kész távcsőtükrökből 279 db készült el az év folyamán.

A mechanikai műhely nagyrészt elavult gépparkját az év végén sikerült korszerűsíteni: a TIT központi beruházási kerete terhére beszerztünk egy Maximat V 10 típusú — ausztriai gyártmányú — kombinált eszterga-marógépet.

2. Országos feladatok

Az év folyamán került sor a Csillagászat Baráti Köre teljes átszervezésére. Az addigi nehézkes és célszerűtlen központi nyilvántartás helyett a megyei TIT szervezetekhez került a tagsággal kapcsolatos ügyintézési tevékenység. Ezzel egyidőben tagkönyvcserét is hajtottunk végre. Így elértük azt, hogy a tagokról a lakóhelyük szerint illetékes megyei szervezetek szerezzenek tudomást, és őket helyi, megyei rendezvényekről értesíthessék. A megyei Baráti Kör ügyintézője időszakonként — sok helyen havonta — Baráti Kör találkozókat szervezhet.

Természetes, hogy az 1964 óta a Baráti Körbe jelentkezetteknek — lajstrom szerint több mint 12 ezer egykori vagy még „élő” tagoknak — csak kisebb hányada jelentkezett a megyei szervezetek mellett működő ügyintézőnél, hogy tagságát fent őhajtja tartani. Nyilvánvaló, hogy ezek a jelentkezettek tekinthetők azoknak a legaktívabb tagoknak, akikre a megyékben — és Budapesten — a csillagászati rendezvények — pl. a Csillagászati Hetek — és más szakmai események vonatkozásában támaszkodni lehet, mert ők nemcsak mint látogatók és résztvevők, hanem mint szervezők és rendezők is számításba vehetők. A legtöbb megyében a TIT szervezetek eddig nem is tudták, hogy milyen helységekben és kik a Baráti Kör tagjai.

A Baráti Kör életében az év második nagy eseménye a IX. Országos Találkozó volt. Ez alkalommal Veszprémben rendeztük meg ezt a nagyszabású

baráti köri összejövetelt, amelyre minden második évben kerül sor. A Találkozó 1976. augusztus 6-a és 8-a között zajlott le, mintegy 350 résztvevővel. Programján tudományos ismeretterjesztő előadások, továbbá külföldi amatőrök és ismeretterjesztők beszámolóit hangzottak el. Ülést tartott a megfigyelők, a szakkörösök és a fotósok szekciója. A résztvevők két csoportban — Zirc, ill. Nagyvázsony—Balaton — látogatást tettek a környék nevezetesebb és szebb helyeire. Sor került a Baráti Kör vezetőségének újraválasztására is. A választások eredménye: Örökös elnök: dr. Kulin György. Elnök: Pónori Thewrewk Aurél. Titkár: Zombori Ottó. Vezetőségi tagok: dr. Balázs László, dr. Dankó Sándor, Dinga László, dr. Gööz Lajos, dr. Kanyó Sándor, Kelemen János, Lendvai László, Márki-Zay Lajos, Pelsőci László, dr. Szabó Gyula, Szitter Béla és dr. Zétényi Endre.

Az Uránia az összefogója és eszmei irányítója az ország csillagászati szakköreinek. Az országban működő kb. 150 szakkörnek csak csekély hányadát tartja fenn a TIT.

Elsősorban a szakkörökből jelentkeztek a TIT Csillagászati—Űrkutatási Választmánya levelező tanfolyamának év végi vizsgájára. Az év folyamán több ízben tartottunk az ország különböző városaiban ilyen vizsgákat, de a legnépesebb mindenkor az Urániában rendezett december végi vizsgáztatás. Ez alkalommal az Urániában 56 vizsgázó jelent meg és összesen 60 sikeres vizsgát tettek a tanfolyam alap-, ill. haladó fokozatú kérdéseiből.

Itt említjük meg, hogy az Uránia 1962-ben alakult szakköre továbbra is minden második kedden, megszokás nélkül egész évben megtartotta foglalkozásait.

3. Új vidéki csillagvizsgálók

A beszámolás évében több bemutató és magáncsillagvizsgáló létesült az Uránia segítségével. Felavattuk a leninvárosi Szakközépiskola letolható tetejű csillagvizsgálójának 48 cm átmérőjű reflektorát — ez különben Kelet-Magyarország legnagyobb bemutató csillagdája. A komáromi Városi Tanács V. B. Művelődési Osztálya és a Csokonai Művelődési Központ ünnepélyesen átadta a város lakosságának a bemutató csillagvizsgálót. Borsodban a megye kilencedik csillagvizsgálója létesült Rudolf-telepen a Szénbánya Tröszt és a Tanács patronálásával. A munka a TIT eszmei vezetése mellett folyik ebben a közösségnek átadott bemutatóban.

Személyi ügyek

Igazgató: *Pónori Thewrewk Aurél*

Tudományos munkatársak: *Kelemen János és Zombori Ottó*: mindketten a beszámolás évében szereztek meg szakcsillagász oklevelüket

Gazdasági ügyintéző: *Bársony Bertalanné*

Adminisztrátor—titkárnő: *Murányi Lászlóné*

Gondnok: *Nagy Ferenc*

Mechanikai műszerészek:

Teljes állásban: *Kürti Imre* csoportvezető

Részfoglalkozásban: *Orgoványi János* nyugdíjas

Reindl János 1976 év végi kilépéséig

Szeitl Mihály

Félállásban: *Herbert Miklós*

Optikai műszerész: *Ulrich Ferenc* nyugdíjas

Tanácsadó: *dr. Kulin György* nyugdíjas

Takarító: *Hajnal Ferencné*

Társadalmi munkatársak, alkalmilag díjazott előadók, bemutatók: Bán András, Bardócz András, Bartók Nagy János, Csaba György, Deicsics László, Dürr János, E. Kovács Zoltán, Erdős Tamás, Farkas Zolt, Fehér Ákos, Holl András, Janeczky László, Keszthelyi Sándor, Kiss Kálmán, Kiszél Vilmos Gábor, Kovács György, Kovács Péter, Kovács Zoltán, Kunovits Jenő, Makovecz Benjámin, Molnár László, Molnár Sándor, Motajcsek László, Rigó Zoltán, Szabó Balázs, Szalma Sándor, Szécsy Ilona, Torma Tibor, Tóth László, Turák József, Závodi László.



1. ábra. A Tiszamenti Vegyiművek Művelődési Háza (Szolnok) csillagászati szakköriének 1976-ban megépült, széttolható tetejű csillagdája

TIT Budapesti Planetárium

Az 1976-ra tervezett építési és ezzel összefüggő felszerelési tervek csak részben valósultak meg. Az év végéig elkészült a 23 méter átmérőjű belső kupola építése és burkolása is, de a műszer szerelésének időpontja 1977 tavaszra—nyárra tolódott.

Terv szerint készültek el az első műsorok témavázlatjai. A végleges szöveget és a hozzá tartozó műszerkapcsolási utasításokat csak a Zeiss Universal főműszer működésképes állapotra hozása után lehet végleges forgatókönyvvé átdolgozni.

Az iskolai programok közül elsőként a Naprendszer, a Föld mozgásai, a Hold és mozgásai, továbbá Csillagunk a Nap és Helyünk a Világegyetemben című témák kerülnek feldolgozásra. A nagyközönségnek szánt műsorok közül az Utazás térben és időben, a Négy Évszak, Hazánk csillagos égboltja és az Ünnepeink és a csillagászat lesznek az elsők.

A beszámolás évében megkezdtük a műsorokhoz szükséges hang- és diaanyag gyűjtését, továbbá a planetárium szakkönyvtárának megalapozását.

Nagyrészt beszereztük a hangtechnikai szoba műszaki felszerelési tárgyait. A legfontosabb egység egy Revox magnetofon, amellyel már folyamatosan átjártsszuk a beszerzett hanganyagot lemezzről hangszalagra.

Nagy vonalakban elkészült a kupolaépület előterének és körfolyosójának dekorációs és kiállítási terve. A kiszemelt régi csillagászati műszerek nagy részét az Országos Műszaki Múzeumban őrzik. A jénai Zeiss Művek is felajánlotta történelmi becsű műszaki emlékeinek egy részét ideiglenes kiállításra a megnyitás idejére a planetáriumban rendezendő csillagásztörténeti bemutató céljára.

Az év folyamán a TIT Központja megvásárolta Mária István festőművész nagyméretű grafikáját az igazgatói irodába, továbbá két csillagászati ihletésű olajfestményét a munkatársi szobákba. A művész egy harmadik festményét a planetáriumnak ajándékozta. E helyen is kifejezzük köszönetünket az értékes ajándékáért.

A főműszert kiegészítő, a műsorokat korlátlanul gazdagító segédprojektorokat általában a planetáriumok házi műhelye állítja elő. Az év folyamán az Uránia műhelyében elkészült az első planetáriumi segédprojektor, amely két motorja és vetítő optikája segítségével egy objektum képét lassan végigviszi a planetárium kupolája alkotta mesterséges égbolton, és közben forgatja is. Így lehet szemléletessé tenni például a Molnyija híradástechnikai mesterséges holdakat, a Szaljut vagy a Skylab űrállomásokat. A sok programhoz felhasználható projektort a planetárium műszaki gárdája tervezte és kivitelezte.

A nagyközönségnek szánt ismertető kiadványok közül meghatároztuk az ún. Planetárium Füzetek első néhány darabjának témáját. Ilyenek: A Nap, A Naprendszer, A Föld és mozgásai, A Hold és mozgásai, A Zeiss-planetárium. Ezek terjedelme 2—2 ív lesz.

Az év folyamán több ízben tettünk látogatást a TIT Mecseki Stúdiójában.

Pécsett az egykor a budapesti Vidám Parkban üzemelt Zeiss Medium kisplanetárium működik.

A Carl Zeiss Alapítvány 1976-ban ünnepelte a vezetése alatt álló nagyplanetárium megnyitásának 50. évfordulóját. Ez alkalommal szeptemberben háromnapos ünnepi szimpóziumot rendeztek Jénában, amelyre a világ planetáriumainak vezetőit hívták meg.

A szimpóziumon magyar részről három fő (Ponori Thewrewk Aurél, Sajó Péter és Schalk Gyula) vett részt. Az áldozatkész vendégszeretettel megrendezett és megtartott eseménysorozat keretében igen hasznos és emlékezetes szakmai programokra került sor. A meghívottak planetáriumi bemutató előadásokat kaptak, látogatást tettek a Zeiss Művek csillagászati műszereket előállító részlegében, ahol szerelés alatt állt a bulgáriai Rodope hegységben felállítandó 2 méteres Ritchey-Chrétien reflektor. Tanulmányi kirándulást tettek Tautenburgba a Karl Schwarzschild Observatórium megtekintése céljából. Meglátogatták Weimart és a gyászos emlékü buchenwaldi haláltábor. Délelőttönként igen érdekes elméleti és technikai jellegű előadások hangzottak el, amelyeket nagyrészt a mi planetáriumunkban is hasznosítani tudunk majd.

Személyi ügyek

A beszámolás évében már teljes állású alkalmazásban állt Ponori Thewrewk Aurél igazgató, Sajó Péter műszaki vezető és Schalk Gyula tudományos munkatárs. Részfoglalkozású dolgozó volt Szeitl Mihály műszerész. Szerződéses alkalmazásban állt Csaba György és Taracsák Gábor, leendő előadók. Ők dolgozták ki Schalk Gyulával a felsorolt előadás-tématerveket.

Több leendő dolgozó állandó összeköttetésben állt a planetárium már alkalmazásban levő munkatársaival, és ismerkedtek a planetárium elméleti és gyakorlati kérdéseivel.

A TIT CSILLAGÁSZATI ÉS ŪRKUTATÁSI
Szakosztályának 1976. évi működése

A Szakosztályok a Választmányunk 1976. évi munkaterve alapján kialakított munkaterveiknek megfelelően folytatták tevékenységüket 1976-ban.

Választmányunk tevékenységének feltételei, lehetőségei és eredményei nem választhatók el azoktól a mindenkori társadalmi feltételektől és igényektől, melyek ma már a közművelődésnek társadalmunkban olyan helyet biztosít, hogy — népünk történelmében először — 1976-ban közművelődési törvény megalakítására került sor.

Az igények sokrétűsége differenciált módszereket és formákat igényel, ezért ismeretterjesztésünk három szinten folyt:

Alapszintű ismeretterjesztés: Elsősorban az üzemi munkásság számára összeállított előadások, ifjúság legfiatalabb korosztályai számára biztosított kezdő, vagy oktatást kiegészítő előadások, foglalkozások.

Középszintű ismeretterjesztés: Csillagászati Hét, Szabadegyetemi kollégiumok, szakköri foglalkozások, a csillagászat és űrkutatás főbb területeit ismerető sorozatok, komplex témák és sorozatok, ismeretterjesztő cikkek zöme.

Felsőfokú ismeretterjesztés: *Speciális* előadások értelmiségiek számára, szak témák világnézeti, módszertani vonatkozású taglalása, előadói konferenciák és klubestek, fiatal TIT előadók' felkészítését célzó rendezvények, országos előadói rendezvények. Szakcikkek: Csillagászati Évkönyv, Természet Világa.

Megjegyzendő, hogy a felsőfokú ismeretterjesztés Budapest-centrikussága főleg abból adódik, hogy a szakemberek itt koncentrálnak és az egyéb feltételek is itt a legkedvezőbbek. Mégis az a szándékunk, hogy mind több országos rendezvényt vidékre tegyünk, másrészt pedig főleg a vidéki előadók és vezetők részére mind nagyobb mértékben lehetővé tegyük a budapesti felsőfokú rendezvényeken való részvételt. Ezt a célt szolgálják a plenáris ülések szakmai előadásai is. Munkánk differenciálódását mutatja az a réteg-tevékenység, melyet az ifjúság és a munkásság körében eredményesen folytattunk. Budapesten pl. 1975-höz képest a munkásakadémiai előadások száma 42%-kal, az ifjúsági akadémiai előadások száma 164%-kal nőtt.

Ezek főleg az alapfokú ismeretterjesztést erősítették. A középfokú ismeretterjesztést elősegítő rétegtevékenység azonban nem eléggé kiterjedt. Kívánatos len-

ne főleg a műszaki és természettudományi értelmiségiek körében folyó speciálisabb ismeretterjesztő és klubtevékenység széles körű megvalósítása. Ez elősegíthetné a megyékben, illetve a nagyobb vidéki városokban is a szakosztályi tevékenység minőségi tartalékainak feltárását is.

Az Országos Választmány vezetőinek 1976-ban is tovább folytatódó vidéki látogatásainak tapasztalatai arról tanúskodnak, hogy a megyei szakosztályok nagyon különböző személyi és tárgyi feltételek között dolgoznak.

Nem lehet kizárólag központi vagy általános sémák alapján tevékenykedni, sokkal inkább a helyi feltételek jó ismeretére, maximális kihasználására van szükség. Azok a megyei szakosztályok tudnak jó munkát végezni, ahol a vezetők rendelkeznek jó szervezői, kapcsolatépítői készséggel és persze szakmai ismeretekkel. Megállapíthatjuk tehát, hogy a közművelődési elveink szellemében is a munkánk szélesítésére, nagyobb fokú decentralizálásra volna szükség, ugyanakkor ez jórészt káderkérdés, amelyre a jövőben nagyobb gondot kell fordítani, hiszen ez igen sokrétű probléma.

A decentralizálás szándékából helyeztük át a megyei Szakosztályok nyilvántartásába 1976-ban a Csillagászat Baráti Köre tagságát is; abból a megfontolásból, hogy egyrészt a Baráti Kör tagsága ilymódon jobban szervezhető lesz, másrészt pedig ezzel erősíthetjük a megyei Szakosztályok munkáját. Korai lenne még a változás következményeit pontosan felmérni, minden esetre a jobb megyékben a Baráti Kör szervezése jól halad.

1976. augusztus 12—15 között rendezte meg, az Országos Választmány Veszprémben a Csillagászat Baráti Köre IX. Országos Találkozóját is, mely egyébként a Választmány egyetlen ilyen országos rendezvénye volt 1976-ban.

Szakosztályok beszámolója *Budapest*

Az alapvető általános célkitűzéseken túl különös gondot fordítottunk az aktuális csillagászati-úrkatatási események ismertetésére, azok helyes politikai-ideológiai megvilágítására, a babonás asztrológiai tanok, tévhitek cáfolására és a korszerű természettudományos világkép kialakítására. Mindezek ellenére sem sikerült hathatósan fellépni pl. az Ország-Világ téves információkat adó, tudománytalan szemléletű cikksorozata ellen.

Kiemelt témák az 1976-ban megtartott előadások százalékában:

Helyünk a Világegyetemben:	8,7%
Új eredmények a csillagászatban és az úrkutatásban:	18,9%
A csillagászat és az úrkutatás haszna:	4,0%
Csillagászat történet:	7,1%
A csillagászat határterületei:	4,0%
Kapcsolatfelvétel más civilizációkkal:	8,1%
Az asztrológia kritikája:	2,3%

1976-ban 481 előadást tartottunk, ez 1975-höz képest 15,2%-os csökkenést jelent. Az előadásainkon résztvevők száma az 1975. évhez képest 33,7%-kal csökkent (15.882 fő). Az átlagos hallgatói létszám 33 fő (1975-ben: 42). Az 1975-ös előadás-maximum (Szojuz-Apolló) után az érdeklődés természetesen csökkent, ezenkívül 1976. őszétől az MTV Szabadegyeteme az előadások (kihelyezett konzultációk) és a hallgatóság számát is csökkentette. A szakosztályi propaganda és szervezés ezt a tendenciát nem tudta megváltoztatni.

Nyilvános rendezvények

Szabadegyetem. A TIT budapesti József Attila Szabadegyetem rendezvényei a csillagászati-űrkutatói ismeretterjesztés legeredményesebb formái. Kollégiumaink a csillagászat és az űrkutatás legkülönbözőbb területeit ölelték fel. A hallgatóság zöme fiatal. Egyre nagyobb érdeklődést tapasztaltunk a speciális csillagászati kollégiumok iránt. 1976-ban a speciális kollégium keretében ellátogattak a hallgatók az MTA Csillagvizsgáló Intézet szabadsághegyi és piszkéstetői Obszervatóriumába.

1975-höz képest a szabadegyetemi előadások száma: 27,3%-kal nőtt.

Csillagászati Hét (1976. szeptember 20—25.) 1976-ban a Kossuth Klubban tartottuk meg a Csillagászati Hetet „Csillagvárosunk a Tejútrendszer” címmel, kb. 1000 fő hallgatóság előtt. A hat előadást minden esetben dia- és filmvetítéssel szemléltettük.

Egyéb nyilvános rendezvény. Az NDK Kulturális Centrummal közös rendezésben „Nemzetközi együttműködés az űrkutatásban” címmel Karl Heinz Eiermann tartott előadást.

Szakkörök. Az általános iskolák 6—7—8. osztályos tanulói és középiskolások részvételével rendeztük meg a foglalkozásokat:

3 csoport 44 fő (Kis Csillagász)

3 csoport 40 fő (Ifjú Csillagász)

Az ún. „központi” (a TIT Uránia Bemutató Csillagvizsgálóban tartott) szakkörök mellett nem sikerült több évre életképes „kihelyezett” (területi) szakköröket megszervezni részben az illetékes közreműködők viszonylagos érdektelensége, részben a demonstrációs eszközök (pl. távcső, modellek, oktatótáblák stb.) hiánya miatt.

Alkalmazott módszerek és szemléltetés

1. Növekedett a tematikailag tudományosan felépített sorozatok aránya és jelentősége az ismeretterjesztésben. Az előadások zömét az előadók úgy építették fel, hogy azok nem csupán problémamegoldók voltak, hanem a kérdéseket

emberközbe hozva, a hallgatóságot aktív résztvevőkké, vitapartnerekké változtatták.

2. Szabadegyetemi, illetve hagyományos előadások alkalmával speciális (nem TIT tulajdonban lévő) modellekkel, eszközökkel rendezett bemutatók segítségével az előadók több, nehezen érthető problémát sikeresen megmagyaráztak a közönségnek.

3. Népszerű volt a néhányszor (az előadás után) sorra kerülő, nem TIT tulajdonban lévő kis távcsővel rendezett bemutató.

4. Az előadások 93%-át szemléltettük diával, filmmel stb.

A szakosztályi munka vizsgálata

A szakosztály munkáját 1976-ban megvizsgálta és elismerőleg jóváhagyta a TIT Országos Csillagászati és Űrkutatási Választmány vezetősege, valamint a TIT Országos Ellenőrző Bizottsága. A TIT Budapesti Ügyvezető Elnöksége az 1975. évi szakosztályi előadások ellenőrzését értékelte (szintén elismerőleg) — a szakosztály által készített írásos elemzés segítségével.

A szakosztály belső élete, konferenciák, klubestek:

A szakosztály vezetősége 9 tagú.

A szakosztályvezetőség tagjaiból alakult munkabizottságok a következő munkát végezték:

— a filozófiai és a fizikai szakosztályokkal közös előadói konferenciák, klubestek tematikáinak kidolgozása;

— a TIT társulati lapokkal kapcsolatos felmérés kiértékelése.

A foglalkoztatottság: a szakosztály tagságának 83%-a ténylegesen részt vett az előadásos ismeretterjesztésben (7 fő nem kívánt előadást tartani). A foglalkoztatottság egyenletesebbé tételének gátló tényezői: néhány szakosztálytag nem vállalt előadást: a középiskolák általában fiatal előadót kértek; egyes előadókat csak speciális (kevésbé keresett) témákra lehet felkérni; a „divatos” témákkal foglalkozó, jó módszerekkel, speciális szemléltetéssel dolgozó előadókat gyakrabban kérték név szerint.

A tagság fejlesztése, továbbképzése. Az ismeretterjesztő munkába majdnem minden budapesti csillagászt bevontunk, fiatalítottuk a tagságot: az arra alkalmas egyetemi hallgatók is bekapcsolódtak a szakosztályi munkába.

A szakosztály tagsága jelenleg 60 fő.

A szakosztály 4 klubestet rendezett.

Az ELTE TIT Csillagászati Tudományos Diákkörével közös rendezésben 4 nyilvános diákköri ülés volt.

Az 1976-os esztendő szakosztályunk tevékenységében kiemelt jelentőségűvé vált, mivel év elejétől rendelkezésünkre állt az új Mecseki Természettudományi Stúdió. Ez helyet adott az általunk irányított szakkör, klub és baráti kör programszerű működéséhez. A csillagászati ismeretek iránti érdeklődés megnövekedett, kielégítésének lehetőségei megjavultak. Elsősorban a Planetárium iránt mutatkozott nagy érdeklődés. Az év folyamán 504 planetáriumi előadást tartottunk. Pécs város idegenforgalmi, kirándulóközpont, így sok iskola és egyéb intézmény iktatja be tanulmányútjainak programjába a Planetárium műsorának megtekintését. A bemutatók sok barátot szereztek a csillagászatnak.

Helyet adott az épület országos rendezvény megtartására, valamint saját szervezésű előadások megrendezésére is. Ilyen volt például „A világnézeti nevelés követelménye és lehetőségei a természettudományos ismeretek terjesztésében” témakörben tartott tájegységi módszertani tanácskozás, valamint az őszi Csillagászati Hét, öt előadással és központi előadókkal.

Az előadásokat filmvetítés követte. A rendezvény alkalmával kiállítást állítottunk össze, melyen régi csillagászati műszereket, berendezéseket, a távcsőkészítés eszközeit, módszereit, amatőr távcsöveket, csillagászati műhelyberendezést, és szakkönyveket mutattunk be.

Sorozatunk látogatottsága minden eddigi rendezvényünket felülmúlta. Műszerparkunk panorámatávcsővel bővült. Rendszeres volt a szakköri munka is. A Stúdió számára kivitelezés alatt áll egy 40 cm-es távcső, melynek a szemléltetésben lesz nagy szerepe. Stúdióink bekapcsolódott a TV szabadegyetem működésébe, biztosította a hallgatók konzultációs lehetőségeit. A fiatal szakköri tagok közül a levelező oktatás keretében hét fő vizsgázott. Szakosztályunk létszáma az év folyamán fiatal főiskolai hallgatókkal bővült.

Békés

A már hagyományossá váló *Csillagászati Hetet* 1976. szeptember 27. — október 2. között rendeztük meg. Ez idő alatt 46 előadást, 3 filmestet és 29 távcsöves bemutatót szerveztünk a megye valamennyi járásában és városában. Az előadásokat színes diavetítések kísérték. Ennek az igen népszerű rendezvény-sorozatunknak mintegy 3000 résztvevője volt. Megyesegyháza TIT — Művelődési ház közös csillagdájában a Csillagászati Hét alatt 2 előadást és esténként minden alkalommal távcsöves bemutatókat tartottunk.

Csillagászati szakkör. Jelenleg 3 szakkörünk van, 2 Békéscsabán, 1 pedig Gyulán. A 45 beiratkozott hallgató középiskolásokból és szakmunkás tanulókból tevődik össze. Valamennyi szakkör központi tematika alapján működik.

A Csillagászati Szabadegyetem 8 előadásból álló sorozat volt, tartalmazott

történeti vonatkozásokat is, de ismertette a legújabb űr kutatási eredményeket is. A szabadegyetemnek 100 beiratkozott hallgatója volt.

Előadói konferencia: A Szozuz-Apolló program a fizikus szemével címmel került megtartásra, 18 résztvevője volt.

CSBK tagok foglalkoztatása: 1976 őszétől kapta meg a megyei szervezet ezen tagság nyilvántartására vonatkozó útmutatást. Napjainkban 136 tag jelentkezett felvételre, akiknek tagsági igazolványát kiküldtük. A Csillagászati Hét idején kb. 60%-a jelentkezett már szervezetünknel, ezeknek kiküldtük a Csillagászati hét teljes programját, így a rendezvényeinken már képviseltették magukat. Munkatervi feladatunként jelöltük meg a CSBK-tagok területre lebontott névsorának titkárainkhoz történő eljuttatását.

Borsod

1976. április 10-e és 20-a között **ŰRHÁJÓZÁSI HETET** tartottunk a miskolci, az ózdi és a leninvárosi Uránia Csillagvizsgálókban. Sajnos az áprilisra tervezett előadói konferencia elmaradt. Ezt ősszel október 4-én a Borsodi Csillagászati Hetek megnyitó előadásán tartottuk meg.

A Borsodi Csillagászati Hetek tulajdonképpen a Kazincbarcikai Bemutató Csillagvizsgáló október 2-án történt avatásával kezdődtek. A Borsodi Csillagászati Hetek során 52 előadásunk volt, ebből a miskolci Urániában 5, az ózdiiban 3, a leninvárosiban 3, a kazincbarcikaiban 2, továbbá a művelődési intézményekben Miskolcon 18, a megyében 21. A rudolftelepi iskolai Csillagvizsgáló felavatásával Borsod megyében kilencre nőtt a csillagászati intézmények száma.

A Csillagászok Baráti Köre taglétszámának felmérését 1976. december 31-ével elvégeztük. Ekkor a tagság létszáma 142 fő volt. A Baráti Kör tagsága a borsodi Urániák rendezvényeit rendszeresen látogatják, de a klubszerű élet kialakítása 1977-re maradt.

Szakköri tevékenység: Az előbb felsorolt intézményekben kapcsolódó csillagászati szakkörök működnek. Miskolcon ált. iskolai és középiskolai szintű csillagászati és űr kutató szakkörök mellett 1976 őszén a miskolci Nehézipari Műszaki Egyetemen TIT csillagászati szakkör alakult. A miskolci Kilián gimnáziumban pedig TIT Fantasztikus Klub alakult.

Szakmai továbbképzés: A TIT Csillagászati és Űr kutatási Választmány által rendezett csillagászati levelező tanfolyamon Miskolcra — 1976. decemberében — öten vizsgáztak.

Csongrád

Szakosztályunk tevékenysége igen intenzíven fejlődve elérte az 1960-as évek végén országosan is ismert magas szintet. Különösen fontos és mélyreható változást hozott munkánkban a szakosztály tevékenységi körének meteorológiai szakterület felé való kiterjesztése. Az átszervezés kapcsán a megyei és városi szintű ismeretterjesztő tevékenységet összekapcsoltuk a József Attila Tudományegyetem Éghajlattani Tanszéke és a Juhász Gyula Tanárképző Főiskola Földrajz Tanszéke oktató-nevelő munkájának ismeretterjesztéssel kapcsolatos feladataival. Ez lehetővé tette, hogy a József Attila Tudományegyetem Ady téri épületében létrehozzuk a szegedi URÁNIA-t mint a megyei csillagászati ismeretterjesztés alapbázisát, az Éghajlattani Tanszék irányítása és felügyelete alatt. Biztosítottak látszik a szakkörök számára a távcsöves bemutatás is. Az elmúlt évben szakosztályunk 9 központi szervezésű előadást rendezett (március, április, május és október hónapokban). Rendezvényeink hallgatósága 50%-ban főiskolásokból, 20—25%-ban egyetemistákból tevődik össze.

A Csillagászati Hét előadásain összesen 1500 fő vett részt. Előadásainkat minden alkalommal filmvetítéssel színesítettük.

Az elmúlt évben nyolc fő végezte el a TIT alap- illetve középfokú csillagászati tanfolyamát. A megye vidéki településeiben négy alkalommal tartottunk előadást.

Kiemelt rendezvényként tarthatjuk számon az *Úttörő technikusok — technika úttörői* verseny országos döntőjének 1976. április 5—7. között megyénkben lebonyolított vetélkedőjét. A résztvevők, 88 tanuló, mindegyike saját maga állította össze a feladatlapon megtervezett kis csillagászati távcsövet. Ennek hatására remélhetőleg a közeljövőben tovább növekedik a Csillagászati Baráti Köri mozgalom az úttörők körében.

A baráti köri tagság létszáma a megyei nyilvántartás szerint jelenleg 100 fő fölött van.

Fejér

Dunaújvárosban részt vett a Szakkörünk az „*Országos Csillagászati Feladatmegoldó Verseny*” döntőjében. Az országban működő 160 csillagászati szakkörből a versenybe nevezett 52 szakkör közül csapatversenyben a hatodik helyezést értük el. Az Őszi Csillagászati Hétnak neves központi előadói voltak. 1976. évre betervezett központi előadásokat nagy érdeklődés mellett tartottuk meg, átlag 50 résztvevővel. Sajnos 1976-ban nem állt rendelkezésünkre a Fejér megyei Művelődési Ház, ezért a hagyományos többszázas részvételt a klubhelyiségünk korlátozta.

Sikeresnek könyveltük el a december hóban megtartott klubnapot. A hagyó-

mányosnak mondható „*Velencei Nyár*” rendezvényei keretében három alkalommal volt csillagászati előadás, és távcsöves bemutató. Az érdeklődés számottevő, mert esetenként 80—100 fő vett részt.

Felkérésre négy fővel vettünk rész a városi *Sci—Fi Klub* megalakulásán.

Jelentős tisztségváltás történt 1976-ban. A szakosztály titkári teendőit társadalmi szerződés alapján *Csukovics Tibor* látja el. A székesfehérvári *Velinszky László Ifjúsági Ház* vezetőségével szoros munkakapcsolat alakult ki.

Jelentős állomáshoz érkezünk 1976 végén: 145 Cs. B. körü igazolványosra került sor.

Hajdú-Bihar

Az év folyamán az előadások főbb súlypontjai az élet lehetősége más égitesteken (főleg a Viking szondákkal kapcsolatosan) és a komplex előadás-sorozatok csillagászati témáira estek. Továbbá még sok előadást kértek a sajtóban megjelent cikkekkal (Bermuda háromszög, UFO stb.) kapcsolatban. A megye TIT szervezete, művelődési házai és más ismeretterjesztéssel foglalkozó szervei részére témajavaslatot készítettünk.

Terven kívüli programként tartottuk a televízió szabadegyetemével kapcsolatos csillagászati témájú konzultációkat. Sikeres volt a Csillagászati Hét is, amelyen öt előadás hangzott el.

Az öt előadást összesen több mint 1000 érdeklődő hallgatta meg. Kedvező idő esetén az előadások után távcsöves bemutatót tartottunk a Napfizikai Observatóriumban.

Úgy a Csillagászati Héten mint a többi előadásokon a hallgatóság nagy részét az ifjúság adta.

A szakosztály tagjai készítették a Csillagászati Évkönyv naptári és táblázatos részét.

Az év folyamán a szakkör aktívan működött és sokan vettek részt a vizsgaelőkészítő előadásokon.

Heves

Ismeretterjesztésünkben — a központi irányelveknek megfelelően — a fizikai dolgozók körében végzendő munkára összpontosítottunk. Az egeri járásban március hónapban csillagászati hónapot szerveztünk. Az egeri járás ezen programjába 13 községet kapcsolunk be, ahol a TIT előadások eddig ritkábban szerepeltek, a hallgatók főleg mezőgazdasági és ipari fiatalok közül kerültek ki. A Csillagászati Héten (okt. 4—8) Egerben ünnepélyes sorozattal a *Spekula* 200. évfordulójára emlékeztünk.

Neves előadóktól 6 előadás hangzott el. A Csillagászok Baráti Köre tag-

jainak az utánpótlása főleg a szakkörökre építhető. Megyénkben, főleg városainkban népesek és mozgalmasak a szakkörök, az érdeklődés a községekben is észrevehető, (Heves) de a képzett szakvezetők hiánya miatt nem minden helyen oldható meg a vezetés.

Komárom

1976. október 20—december 15-ig negyedszer rendeztük meg városunkban a Csillagászati Szabadegyetemet. A kilenc előadásból álló sorozaton országos hírű előadókkal is megismerkedhettek. A „Csillagászati és mindennapi életünk” c. előadást Ponori Thewrewk Aurél, „Csillagászat és fizika” c. előadást dr. Abonyi Iván, „Csillagászat és földtudományok” c. előadást dr. Kőháti Attila és „Csillagászat és technika” c. előadást Szüle Dénes tartotta. Szemléltetés céljára dia- illetve színes mozifilmeket mutattunk be.

Pest

Szakosztályunknak 12 tagja van a megyében. Tizen végeztünk az elmúlt évben ismeretterjesztő munkát. Az előadások száma a három utolsó évben az alábbiak szerint alakult: 1974-ben 109, 1975-ben 130, 1976-ban 170. A hallgatók létszáma az 1975. évi 4509-ről 6255-re emelkedett.

Csillagászati hetet Vácott, Cegléden, Örkényben, Szigetszentmiklóson, Pécelen, Isaszegen, Dányban, Hévízgyörkön, Galgamácsán, Vácegresen, Mogyoródon, Gödöllőn, Aszódon, Versegen és a budai járásban még négy helyen tartottunk (2—3 előadás szerepelt egy-egy községben). Csillagászati előadás-sorozatot Mogyoródon, Isaszegen és a budai járásban tartottunk. Csillagászati szakkör 6 működik. A Baráti Kör tagjainak száma megyénkben szépen növekedik. Eddig 137-en léptek be. Megnyugtató az előadások területi megoszlásának javulása is.

Szolnok

A Szolnoki TIT Uránia Csillagvizsgálója 1976. évben sem tudott még működni, mert a toronyház építkezései — melynek legfelső szintjén a csillagda elhelyezést nyer — ebben az évben még folytak.

A csillagászati ismeretterjesztést és az ezzel kapcsolatos távcsöves bemutatókat részben a Tiszamenti Vegyiművek Művelődési Házának szakköri csillagdája végezte. 1976-ban már rendelkezésére állt a szakkörnek az új csillagda, amelyikben négy távcső nyert elhelyezést. A szakkör a Sárvári Művelődési Központtal együttműködve 1976-ban létrehozta a „Hogyan ismer-

hetjük meg a csillagos eget?” című vándorkiállítást, amely 1976-ban Mezőtúron, Tiszafüreden és Jászberényben került bemutatásra. Mintegy nyolcezren tekintették meg. A szakkör tagjai rendszeresen kivették részüket előadások tartásából.

Tolna

Csillagászati ismeretterjesztésünk az utóbbi években jelentősen fejlődött;

1975	107 előadás, rendezvény	2968 hallgató,
1976	91 előadás, rendezvény	1995 hallgató.

Előadásaink tervezett számát — 70—80 — jóval túlteljesítettük. Az előadások elsősorban fizikai dolgozók körében hangzottak el. Szakcsoportunk a szakkörök segítségével három diasorozatot készített. TV Egyetemhez kapcsolódó előadásorozatok megszervezésében és lebonyolításában segítséget kaptunk szakcsoportunk tagjaitól.

A tervezett szakköröket Bonyhádon, Dombóváron, Pakson, Szekszárdon beindítottuk. Legjelentősebb rendezvényünk volt a „Csillagászati Hér”, amelyen 6 különböző helyen, összesen 15 előadás hangzott el. Az év folyamán tartott előadásaink közül a következő témák iránt mutatkozott nagy érdeklődés: Űrkutatás, Nap és a változó csillagok, Föld mint égitest, Élet a Földön kívül, Bolygók mozgása, Viking program, Világmindenség szerkezete, Csillagjósolás és modern csillagászat, Leltár a Naprendszerben.

Vas

A csillagászati előadások számának alakulása Vas megyében 1976-ban:

Celldömölki járás	4 előadás	129 hallgató
Körmendi járás	8 előadás	176 hallgató
Sárvári járás	10 előadás	189 hallgató
Szombathelyi járás	12 előadás	372 hallgató
Kőszeg	2 előadás	84 hallgató
Sárvár	13 előadás	465 hallgató
Szombathely	13 előadás	645 hallgató
összesen:	62 előadás	2060 hallgató.

Szakosztályunk aktívan bekapcsolódott a komplex TIT sorozatok lebonyolításába.

A TV szabadegyetem adásaihoz kapcsolódóan két konzultációs központot szerveztünk: Szombathelyen és Szentgotthárdon. 1976 őszén megalakítottuk a Vas megyei Csillagászati Baráti Kört.

Veszprém

1976 nagy eseménye volt a Veszprém megye által rendezett Országos Baráti Köri Találkozó, amelynek előkészítéséből, rendezéséből mi is kivettük részünket.

Az év egyéb eseményei közül külön ki szeretném emelni dr. E. P. Levitan, a Szovjet Ismeretterjesztő Társulat lapjának, „Zemlja i Vselennaja” (Föld és Világmindenség) főszerkesztője Fűzfőgyártelepen tartott előadását.

Másik ugyancsak nagy jelentőségű megmozdulás a Nitrokémia Ipartelepénél dolgozó, űrhajósok, űrkutatási események nevét viselő szocialista brigádok közös, kiállítással egybekötött ünnepi előadása az űrhajózás 15. évfordulója alkalmából. Veszprémben 1976. októberben megrendeztük a Csillagászati Hetet. A TV—TIT „Változó Világ” c. adásaihoz kapcsolódó konzultációt megrendeztük, amelyre 70 beiratkozott hallgató van, és a konzultáció vezetésére neves előadókat tudtunk meghívni.

A CSILLAGÁSZAT LEGÚJABB EREDMÉNYEI

Három újabb csillagászati mérés az általános relativitáselmélet javára

A legutóbbi időkben elvégzett három csillagászati mérés az általános relativitáselmélet igaz voltát bizonyította. Az általános relativitáselmélet egyik vetélytársa a „skalár-tenzor” elmélet (Jordan—Brans—Dicke elmélet), s az itt ismertetett három mérés közül az első kettő ezzel kifejezetten ellentétben áll.

1. *H. Hill* 1974. decemberében Dallasban a VII. Relativisztikus Asztrofizikai Szimpóziumon tartott előadásában kimutatta, hogy *Dicke* és *Goldenberg* az 1966-ban közölt mérési eredményüket a Nap lapultságáról hibásan értelmezték; a Nap $4,5 \times 10^{-8}$ -es látszólagos lapultságát a valóságban a Nap egyenlítőjének nagyobb fényessége okozta, s ez a naptevékenység függvényében változik. *Dicke* úgy értelmezte a lapultságot, hogy azt a Nap belsejének a differenciális rotációja okozná. Ezáltal a Nap gravitációs kvadrupólmomentuma nem lenne nulla, aminek következtében a Merkúr perihélium precessziójában többlet jelentkeznék, és így elromlana az egyezés az általános relativitáselmélet alapján számolt és a mért perihélium precesszió reziduum között. (Ismeretes, hogy a Merkúr teljes perihélium precessziója 575"/évszázad, s ebből 43"/évszázad értéket magyaráz relativisztikus effektus, a maradékot a többi bolygó okozta pályaháborgás.)

2. A Holdra helyezett lézertükrök segítségével a Hold távolsága néhány deciméter pontossággal mérhető. Az 1969 és 1975 közötti mérések első feldolgozását *J. G. Williams*, *I. I. Shapiro*, *Ch. Counselman* és *R. W. King* tette közzé. A súlyos és a tehetetlen tömeg arányát $1 \pm (7 \times 10^{-12})$ -nek találták, és mivel a próbatest, a Hold tömege, igen nagy, ezért ki lehetett mutatni, hogy a Newton-féle felfogás szerint számított gravitációs energiája a Holdnak ugyanúgy hozzájárul a tehetetlen tömegéhez, mint például az elektromágneses térből származó. (Az energia — mint ismeretes — ekvivalens bizonyos nyugalmi tömeggel. Egy test gravitációs energiája — negatív lévén — negatív tömeg járulék ahhoz a nyugalmi tömeghez, amit a test anyaga képvisel, ha részecskéi egymástól végtelen távolságba kerülnek.)

Ezenkívül a mérési sorozat kiértékelése során nem sikerült bizonyítékot találni arra, hogy a gravitációs állandó az idővel csökkenne. (Ilyen effektus

lehetőségét *P. A. M. Dirac* Nobel díjas kiváló angol fizikus vetette fel a harmincas évek végén, s ha létezne, a skalár-tenzor elmélettel igen könnyen lehetne összhangba hozni, míg az általános relativitáselmélettel már jóval nehezebben.)

3. Három rádióforrás sugarainak az elhajlása a Nap mellett megerősítette a fényelhajlás relativisztikus értékét. (1,75" a Nap korongja mentén, de a skalár-tenzor elméletben is ennyi.) A mérést a Green Bank-i rádió interferométerrel végezték.

A semleges gyenge áramok szerepe a szupernóva robbanásban

Az 1973 nyarán kísérletileg is megtalált *semleges gyenge áramok* jelentős szerepet játszanak a neutrínók anyaggal való kölcsönhatásában. (A név onnan származik, hogy két részecske kölcsönhatása fotonok, mezonok kicserélésével szemléletesen írható le. Ha a mezonnak, a kölcsönhatás közvetítőjének elektromos töltése van, „töltött áramról” beszélünk. A gyenge kölcsönhatásról a fent említett kísérletig azt hitték, hogy csak töltött részecske közvetítheti.) A semleges gyenge áram léte azt jelenti, hogy a töltetlen (elektromosan semleges) leptonok, például a neutrínók, sokkal nagyobb hatáskeresztmetszettel lépnek reakcióba a különböző más részecskékkal, mintha csak töltött áram volna, illetve bizonyos folyamatok csak ezáltal lehetségesek.

A szupernóva robbanásnál a csillag neutrínó fluxusa hatalmasra válik, meghaladhatja az „optikai” — azaz fotonok általi — energia kibocsátását. Ekkor viszont a csillag külső burka tetemes impulzust kaphat a rengeteg neutrínótól, s 2—6 naptömegnyi anyag is lerepülhet. (A korábbi modellekben a lerepülő tömeg ennek csak tört része volt.) Ily módon lehetővé válik a szupernóva robbanás főként *Colgate* és *White* nevéhez fűződő modelljének az újjáélesztése, amely ellen a fő kifogás az volt, hogy az anyag visszahull a robbanás után. A semleges gyenge áramok figyelembevételével egy nyolc naptömegnyinél kisebb csillag szupernóvává válása lehetséges úgy, hogy a robbanás után nem marad vissza két naptömegnyinél nagyobb objektum, ami körülbelül a tömeg felső határa a stabil konfigurációkra; neutroncsillagokra, fehér törpékre.

Meghatározták a HZ Her (Her X-1) tömegét

A HZ Her változó csillagot még a harmincas években fedezték fel. A különleges figyelem a hatvanas években irányult erre a fedési kettős rendszerre, mert kiderült, hogy az egyik csillag röntgen tartományban is sugároz.

A röntgen csillag 1.24 s periódussal *pulzusokat* bocsát ki, s ezek reflektálódását a másik csillagról meg tudta figyelni *J. Middleditch* és *J. Nelson*.

A pulzusok — mint egy óra ketyegése — Doppler eltolódást szenvednek a keringés miatt, s a reflektált pulzusok hasonlóképpen. Ezek kiértékelésével meg lehetett határozni, hogy a főcsillag tömege $2.20 \pm .10$, a röntgenszállag $1.33 \pm .13$ naptömeg. Ez ismét arra utal, hogy e rendszerben a röntgenszállag neutroncsillag, és nem fehér törpe, mert az utóbbiak tömege az egy naptömeget éri el legjobb esetben.

Röntgensugárzás gömbhalmazokból

Az UHURU és a SAS—3 műholdak jóvoltából már öt gömbhalmazból (NGC 1851, NGC 6441, NGC 6624, NGC 7078 (M15), NGC 6440) mértek változó röntgensugárzást. A legvalószínűbb jelöltek a forrásra a gömbhalmazokban várható fekete lyukak, vagy neutroncsillagok, amelyekre anyag hullik s így röntgensugárzást bocsátanak ki. Probléma ugyan ezzel az elképzeléssel az, hogy a gömbhalmazok közismerten a Tejútrendszer csillagközi anyagban legszegényebb vidékei, de ez a megfigyelés értékéből semmit se von le.

AZ 1006-os szupernóva maradványa

S. van den Bergh a Cerro Tololo-i 4 méteres távcsővel gáz filamentumokat fedezett fel a K Lupi nevű csillag közelében. Az 1006-ban föllángolt szupernóva (?) körülbelül a Mars fényességét érte el, és több hónapig volt látható. Az itt most optikailag felfedezett gáz helyén rádióforrás már volt ismert, melynek átmérője $25'$ és távolsága 10 000 fényév. A gázköd igen hasonlít a Tycho féle 1572-es szupernóva helyén visszamaradt ködre.

Tömeges csillag keletkezése az ISZ 63-1 galaxisban?

A 15^m összfényességű ISZ 63—1 jelű galaxis, amelyet a 4 méteres angol—ausztrál távcsővel Siding Springben fedeztek fel, mintegy 2 Mpc távolságban van tőlünk, és igen kompakt objektum.

A galaxisban egy körülbelül 500 pc átmérőjű semleges hidrogén felhő van, amelyben igen sok O típusú csillag található. Ezek becsült össztömege 10^6 naptömeg, míg a rádió megfigyelések szerint a felhő tömege 10^8 naptömeg nagyságrendű. Mivel az O csillagok kora 10^7 évnél több nem lehet, igen fiatal objektummal állunk szemben. A tömeges csillag keletkezést kioldó mechanizmusról egyelőre részleteket nem tudunk, s a galaxis halványsága miatt kérdéses, hogy itt egy teljesen új galaxis csillag-népeisége jön éppen létre, vagy pedig egy idős galaxisban a csillagok „második generációja” (olyasmi, mint a Tejútrendszer I. populációja) van születőben.

Fémekben gazdag degenerált csillag

A degenerált jelző arra utal, hogy a csillagban elfajult elektrongáz nyomása tart egyensúlyt a nehézségi erővel. Mivel ezen csillagok túlnyomó többsége forró ($T_e = 10\,000\text{ K}^\circ$), ezért jogos rájuk a közismertebb fehér törpe elnevezés. Ismerünk azonban néhány hideg degenerált csillagot is (például a *van Maanen 2*), de ezek színképe, ugyanúgy, mint a magasabb hőmérsékletűeké, többnyire csak egy elem jelenlétéről árulkodik.

Ezért fontos újdonság az, hogy a *G 165—7* jelű hideg degenerált csillag ($V = 16.04$, $B - V = .84$, $U - B = .74$) színképében a *CaI*, a *CaII*, a *MgI*, a *FeI* spektrumokat bizonyossággal azonosították, s valószínű a *CH* sávok és a *MnI* spektrum jelenléte is. Az értelmezés egyelőre nyitott kérdés, még akkor is, ha figyelembe vesszük, hogy az egy csillag-egy elem színképe szabálytól való eltérés a hideg degenerált csillagoknál gyakoribb. Hat elem színképének jelenléte azonban mindenképpen szokatlan.

A Nap rezgései

A. B. Severny, *V. A. Kotov* és *T. T. Tsap*, a Krími Asztrofizikai Observatórium munkatársai 1974. augusztus—október és 1975. márciusa során a Nap eddig nem ismert pulzációit fedezték fel egy speciális spektrográffal. A pulzáció periódusa 160 ± 5 perc, sebesség amplitúdója körülbelül 2 m/s , amiből integrálással az adódik, hogy a legnagyobb felfúvódás mintegy 3 km-t tesz ki. A megfigyelési intervallum körülbelül 1900 periódust fedett le.

Ilyen kicsi effektust meglehetősen kétkedve kellene fogadnunk, azonban *J. R. Brookes*, *G. R. Isaak* és *H. B. van der Raay* Pic du Midi-n a szovjet kutatók mérésével szinte egy időben (1974. szeptember 27-én és november 2-án mértek) szintén megtalálták a fenti pulzációt; az ő értékük a periódusra 159 ± 2.4 perc, míg az amplitúdóra 2.7 m/s , ami kitűnő egyezésnek mondható. Emellett ők még 58 és 40 perces módust is találtak.

Amennyiben a további mérések megerősítik a felfedezést, és esetleg újabb részleteket derítenek ki a Nap rezgéseiről, akkor ezzel jelentősen megnő a Nap belsejére vonatkozó jelenleg főként elméleti számításokon alapuló ismereteink ellenőrzésének a lehetősége, s talán a Nap-neutrínó-rejtély megoldásához is közelebb kerülünk.

Az SU Cas tömege

W. Gieren bonni csillagász az *SU Cas* klasszikus cefeida ($P = 1.495$, $\langle V \rangle = 5^m.96$) fotometriájából és radiális sebességeiből Baade—Wesselink módszerrel meghatározta a csillag közepes sugarát: $\langle R \rangle = 29 R_\odot$. Ha a

csillag fundamentális periódusban pulzál, tömege 7.7 ± 1.8 naptömeg, ami sokkal több, mint a fejlődési trajektóriákból leszámaztatott 4.3 naptömeg. (Ha első felharmónikusban pulzál a csillag, akkor megegyezik a két tömeg.)

A lelet érdekessége az, hogy ez az első cefeida, melyre a pulzációs tömeg nagyobb, mint a fejlődési. A csillagfejlődési elméletek számára ugyanis éppen az egy komoly botránykő, hogy a pulzációs tömeg csak fele, harmada a fejlődési tömegnek.

A csillagok keringése egy elliptikus galaxisban

Az NGC 4697 elliptikus galaxis rotációs görbét származtatta le *F. Bertola* és *Capaccioli* a Palomár hegyi 5 méteres távcsővel. A görbe maximuma 90 km/s körül van, s integrálásából az adódott, hogy ezen elliptikus galaxis impulzusmomentum tartalma tényleg sokkal ($\sim 5\times$) kevesebb, mint egy átlagos spirálisé. (A Tejútrendszerben a II. populáció tűnik ki impulzusmomentum szegénységével, s egyéb sajátosságai is — főként a nehéz elemek hiánya — az elliptikus galaxisok csillag népségéhez teszik hasonlónak.)

H^{-} ion

1939-ben igen érdekes módon találkozott a csillagászat és a kvantummechanika a H^{-} ion felfedezésével. Ismeretes, hogy az egy protonból, s a körülötte levő két elektronból álló negatív hidrogén ion a látható fény hullámhossz tartományában ($\lambda < 16\,000 \text{ \AA}$) jelentős abszorpciót okoz a viszonylag hideg csillagok ($T_e < 7000 \text{ K}^\circ$) légkörében, s ennek tekintetbevétele magyarázta meg az akkori naplégkör modellek számottevő eltérését a megfigyelésektől.

Akkoriban *R. Wildt* kvantummechanikai megfontolásokkal jött rá, hogy a hélium atom analogonjának léteznie kell $Z = 1$ magtöltés mellett is. 1976-ban viszont kísérleti úton sikerült kimutatni a $2.3 \times 10^{-8} \text{ s}$ élettartamú H^{-} iont, amelyben három elektron van a proton körül, tehát a lithium $Z = 1$ magtöltésű analogonjáról van szó. Ennek az ionnak a spektruma több infravörös tartományban észlelt vonal előidézője lehet, s a csillagközi térben is előfordulhat az ion. Az infravörös folytonos abszorpciója szintén tetemes lehet.

Extragalaktikus szénmonoxid

Első ízben sikerült extragalaktikus objektumok csillagközi gázában molekulát találni. A molekula a szénmonoxid, melynek 2.6 mm-es emissziós vonalát találták meg a Kitt Peak-i 11 méteres rádiótávcsővel az M82-ben, majd később az NGC 253 és az M51 spirálgalaxisokban. (A vonal két rotációs állapot közötti átmenetből származik.) Mint ismeretes, az M82 robbanó (Seyfert) galaxis, s a leletnek azért van jelentősége, mert bizonyítja, hogy az egészen különböző típusú galaxisok csillagközi gáz- és porfelhőiben igen hasonlóak a feltételek. Szinte ezzel egy időben találtak a Nagy Magellán felhő egyik gázködében (NGC 159) szénmonoxidot az új angol—ausztrál 4 méteres távcsővel (Siding Spring). A távcső alumínium felületét arra használták, hogy a 2.6 mm-es sugárzást összegyűjtse a fókuszba a mérés végett. Ez igen ötletes új felhasználási mód lehetővé tette, hogy a távcsövet telehold, vagy akár fényes nappal idején is hasznosíthassák.

Egy névtelen kisbolygó 1.2 millió kilométerre közelítette meg a Földet

Az 1976 UA nevet kapott kisbolygó 1976. október 20-án 1.2 millió kilométerre közelítette meg a Földet *B. Marsden* Harvard—Smithsonian obszervatóriumi csillagász számításai szerint. Október 25-én fedezték csak fel a Palomár hegyi 122 cm-es Schmidt távcsővel készített lemezen. Fényessége $21^m.5$ volt, ami azt sejteti, hogy átmérője 400 m körül van. Perihéliuma fél *Cs. E.*, aféliuma 1.2 *Cs. E.*, pályájának hajlása az ekliptikához képest 6° .

A legtöbb ilyen kisbolygó felfedezetlen marad a csekély fényesség miatt. A Föld megközelítésében a rekordot a Hermész tartja 800 000 kilométerrel (1937).

A Merkúr mágneses tere

A Mariner 10 szonda viszonylag erős mágneses teret mért a Merkúr körül: a bolygó felületére extrapolálva az egyenlítőnél a térerősség 350γ , a pólusoknál pedig 700γ . A mágneses tengely 7° -ot hajlik a forgási tengelyhez képest. (Összehasonlításként annyit, hogy a földi tér $30\,000 \gamma$, és ismeretes, hogy a Holdnak és a Vénusznak nincs számottevő mágneses tere.)

Metánjég a Plútón

D. Cruikshank, *D. Morrison* és *C. Pilcher* a Kitt Peak-i 4 méteres távcsővel a Plutó felületéről visszaverődött fény színképét vizsgálták. Arra a következtetésre jutottak, hogy szilárd metán borítja a bolygót, vagy legalábbis felületének egy részét. Ez viszont azt is jelenti, hogy a Plutó felületén a hőmérséklet 50 K° alatt van.

Az Uránusz gyűrűi

1977. március 10-én az Uránusz lefedte a SAO 158 687 csillagot, s egy ilyen jelenség megfigyelésétől értékes információkat várhatunk a bolygó légköréről. A fedés Ausztráliából, az Indiai Óceán déli részéről és Délnyugat-Afrikából volt látható.

A több helyen egymástól függetlenül végzett megfigyelések sokkal érdekesebb eredményre vezettek, mint az Uránusz légköre szerkezetének meghatározása: a bolygót igen halvány gyűrű veszi körül, amit abból lehetett észrevenni, hogy a fedés előtt és után közel szimmetrikusan másodlagos fedések léptek fel. A legvalószínűbb értelmezés az, hogy 44 000 kilométerre a bolygó közepétől egy körülbelül 8000 kilométer széles gyűrű található, melyben 100 kilométernél kisebb átmérőjű testek lehetnek. (A legfényesebb test fényessége 19^m lenne, ezt persze elnyomja az Uránusz fénye.)

A megfigyelések részletesebb analízise szerint a gyűrűnek szerkezete is van; négy szimmetrikus és egy aszimmetrikus algyűrűből áll.

Az 1976. év üstökösei

1976a: *W. A. Bradfield* fedezte föl február 19-én a 9 magnitúdós diffúz képű, kondenzáció nélküli üstökösöt. A fényessége gyorsan csökkent, április 24-én már 13 magnitúdós, május végén pedig már csak a legnagyobb távcsövekkel volt megfigyelhető. Pályaelemei: $T = 1976$. február 24.64, $e = 0.994$, $q = 0.848$ CS. E., $\omega = 313^\circ.00$, $\Omega = 160.09$, $i = 46.84$ (1950).

1976b: Az előre jelzett helyen *E. Roemer* és *C. A. Heller* találták meg az alig 20 magnitúdós periódikus *Kopff üstökös*t, a Stewart Observatórium 229 cm-es reflektorával február 25-én készült felvételen.

1976c: *H. E. Schuster* fedezte föl a 15 magnitúdós üstökösöt február 25-én az ESO 100 cm-es Schmidt teleszkópjával készült felvételen. Ekkor már több mint egy éve távolodott a Naptól, s mindössze 10° -es csóvája volt. Gyorsan halványodott, májusban 17 magnitúdó alá csökkent. Pályaelemei: $T = 1975$. január 15. 49, $q = 6.882$ CS. E., $\omega = 193^\circ.44$, $\Omega = 22.08$, $i = 112.02$ (1950).

1976d: Március 3-án *W. A. Bradfield* már második üstökösét fedezte föl 1976-ban. Az üstökös kondenzáció nélküli diffúz képet mutatott, fényessége 9^m volt. Kómájának átmérője március végéig 3–4' körüli. Fényessége március végétől gyorsan csökkent. Pályaelemei: $T = 1976$. február 25.06, $q = 0.678$ CS. E.; $\omega = 221^\circ.76$, $\Omega = 69.51$, $i = 147.77$ (1950).

1976e: A 6.228 éves periódussal keringő *d'Arrest üstökös*t *E. Roemer* és *C. A. Heller* találták meg az előre számított helyen a Stewart Observatórium 229 cm-es reflektorával március 25-én készült felvételen. Később kiderült, hogy egy február 25-én készült felvételen is rajta volt, de az alig 21 magnitúdós objektum még nem mutatta az üstökösre jellemző formákat. Az üstökös gyor-

san fényesedett, július elején 11^m, augusztus közepén pedig már 5—6 magnitúdó között volt. Maximális fényességét augusztus 31-én érte el (5^m). Kómájának átmérője ekkor 20—30', s szeptember elejére 1°.8 hosszú csóva is kialakult. Az üstökös szerkezetében megfigyeltek gyors változásokat is. *G. K. G. Moore* szeptember 3-án egy 4 cm-es (f/5) Schmidt teleszkóppal 5 perces expozícióval sorozatfelvételt készített, és a magból történő anyag-kidobódást figyelt meg. Ez az üstökös haladásával ellenkező irányba történt, és sebessége 20"/óra volt. Július 27-én érdekes jelenséget figyeltek meg: négy elkülönült csóva alakult ki, közülük három egyenes és keskeny volt, s hosszuk elérte a 16, 30 illetve a 20 ívpercet. Az üstökös spektroszkópiai megfigyelése az általában jellemző emissziós sávok (CN, C₂, C₃, NH, CH) jelenlétét mutatta ki. Ezek a Napéhoz hasonló folytonos szinképre szuperponálódtak.

1976f: A periódikus *Pons—Winnecke* üstököst a Stewart obszervatórium 229 cm-es reflektorával március 25-én készült felvételen, közel az előre jelzett helyhez találta meg *E. Roemer* és *C. A. Heller*. A 21 magnitúdós objektum képe igen halvány, de határozott nyomot hagyott a fotolemezen.

1976g: Ezt az új üstököst *E. A. Harlan* május 3-án fedezte föl, majd *C. T. Kowal* is megtalálta egy április 27-én a Palomár hegyi Schmidt távcsővel készült felvételen. Mindkét esetben az üstökös 15^m fényes volt. Pályaelemei: $T = 1976$. november 3.08. $q = 1.569$, CS. E.; $\omega = 193^\circ 25$, $\Omega = 80.73$, $i = 38.80$ (1950).

1976h: A 6.763 éves periódussal keringő *Johnson üstököst* az előre számított helyen *E. Roemer* és *C. A. Heller* találta meg a Stewart obszervatórium 229 cm-es reflektorával 60 perces expozícióval készült felvételen. A május 5-én készült felvételen az objektum 20 magnitúdónál is halványabb volt.

1976i: A periódikus *Faye-üstököst* az előre jelzett helyen találta meg *E. Roemer* és *C. A. Heller* a Stewart obszervatórium 229 cm-es reflektorával május 5-én készült felvételen. Az üstökös ekkor körülbelül 20 magnitúdós volt. Fokozatosan fényesedett, s szeptemberre már elérte a 15 magnitúdót.

1976j, 1965 VI: *G. Sause* fedezte föl újra a periódikus *Klemola-üstököst* a Liège-i Schmidt teleszkóppal készült felvételen augusztus 6-án. Fényessége ekkor 12^m volt, s mintegy 2—3 ívperc hosszú csóvával és körülbelül 20' átmérőjű kómával is rendelkezett. Fényessége fokozatosan csökkent, novemberben már csak 17^m volt.

1976k: Az év ötödik, s egyben utolsó új üstökösét október 27-én *Lovas Miklós* fedezte föl a piszkéstetői 60/90/180 cm-es Schmidt távcsővel készült felvételen. A 17 magnitúdós objektum képe diffúz volt, s egy gyenge kondenzációval rendelkezett. Pályaelemei: $T = 1976$. július 4.76, $q = 5.845$ CS. E.; $\omega = 118^\circ .61$, $\Omega = 285.46$, $i = 86.51$ (1950).

A NYÍLTHALMAZOK ÉS A CSILLAGASSZOCIÁCIÓK SZEREPE A TEJÚTRENSZER MEGISMERÉSÉBEN

A csillaghalmazok és az asszociációk olyan csillagcsoportok, amelyek feltevéseink szerint azonos korú és kémiai összetételű csillagokból állnak. Ezért a Tejútrendszer szerkezetének és fejlődésének, valamint a csillagok egyéni fejlődési útjainak vizsgálatában kiemelkedő szerepük van. Mi ennek a kiemelkedő szerepnek a lényege?

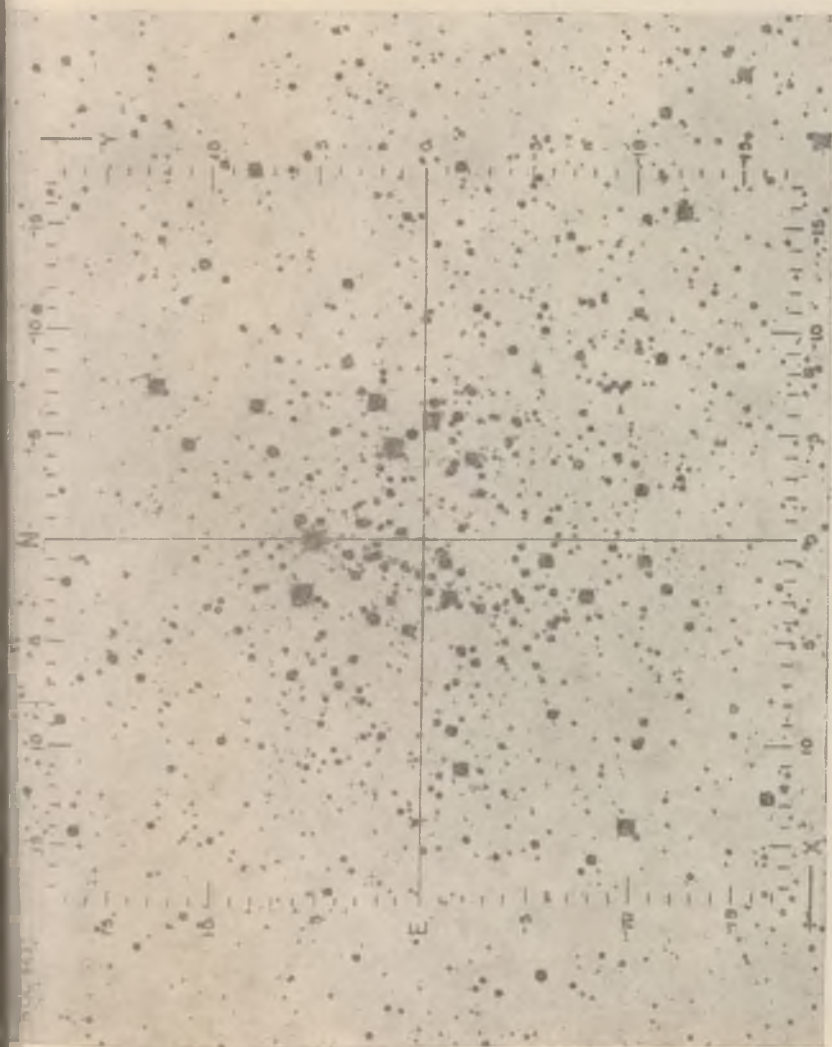
Néhány különleges típustól eltekintve a Tejútrendszer mezőcsillagainak korát nem tudjuk megfigyelések alapján meghatározni. A kivételt azok a csillagok képezik, amelyek éppen életük nagyon rövid ideig tartó szakaszában vannak. Jól meghatározható például a legkorábbi, *O* és *B* típusú csillagok életkora, mivel ezek nagyon rövid időt töltenek a Hertzsprung—Russel diagram fősorozatán, vagy azoké a csillagoké, amelyek éppen elhagyják a főágat. Ilyen csillagokat a nyílthalmazokban mindig találunk, következésképpen korukat is meghatározhatjuk. A halmazokban így egyrészt a csillagfejlődést vizsgálhatjuk, másrészt — a különböző korú csoportok térbeli eloszlását feltérképezve — a Tejútrendszer szerkezeti elemeinek kialakulását, fejlődését követhetjük nyomon.

A nyílthalmazok és a csillagasszociációk, amelyekről a következőkben szó lesz, I. populációs csillagcsoportok, azaz erősen koncentrálnak a Tejútrendszer síkjához. Sőt az asszociációk az ún. extrém I. populációhoz tartoznak, amely a spirálkarok alkotóelemeit adja. A spirálszerkezet Galaxisunk legfontosabb szerkezeti része. A Tejútrendszer fejlettségi állapotát, kialakulásának körülményeit, fizikai paramétereit tükrözi — csak éppen meg kell találni az összefüggést a spirálszerkezet formája, fizikai lényege és a Tejútrendszer egyéb tulajdonságai között. Ehhez első lépés lehet a spirálstruktúra feltérképezése és a spirálkarokat alkotó objektumok természetének megismerése.

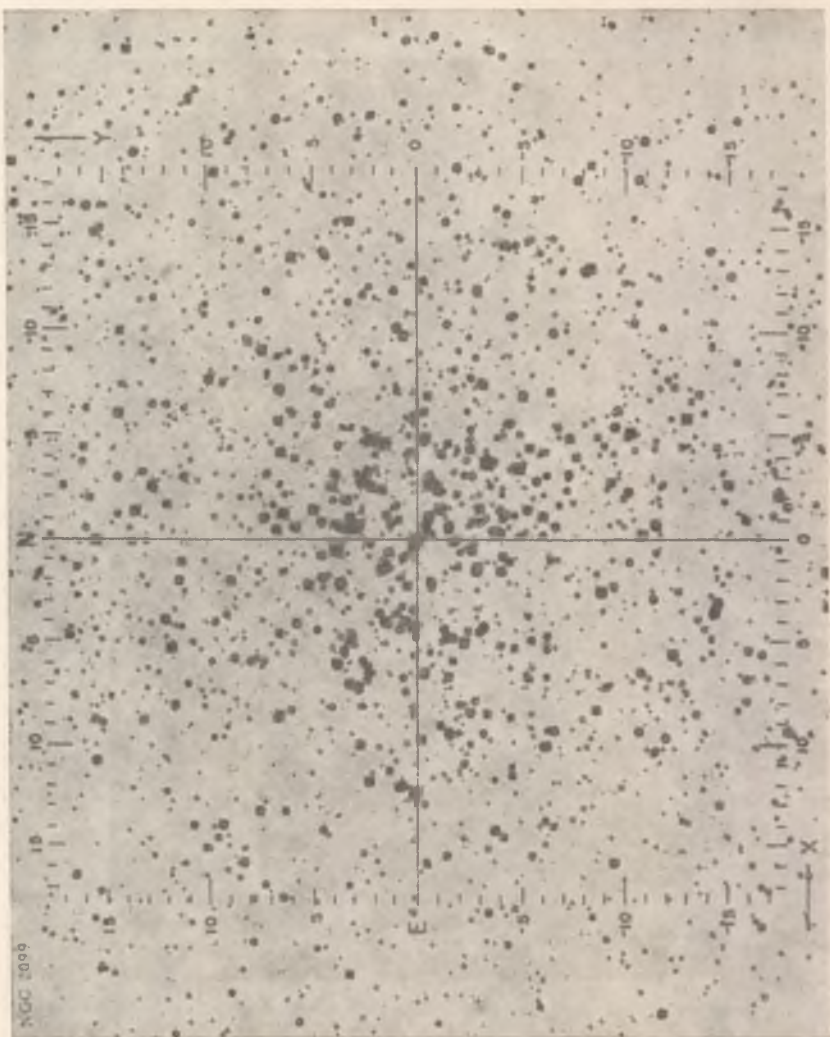
A következő fejezetekben megnézzük, mit tudunk a nyílthalmazokról és az asszociációkról, és milyen információt adhatnak ezek a Tejútrendszer szerkezetéről és fejlődéséről.

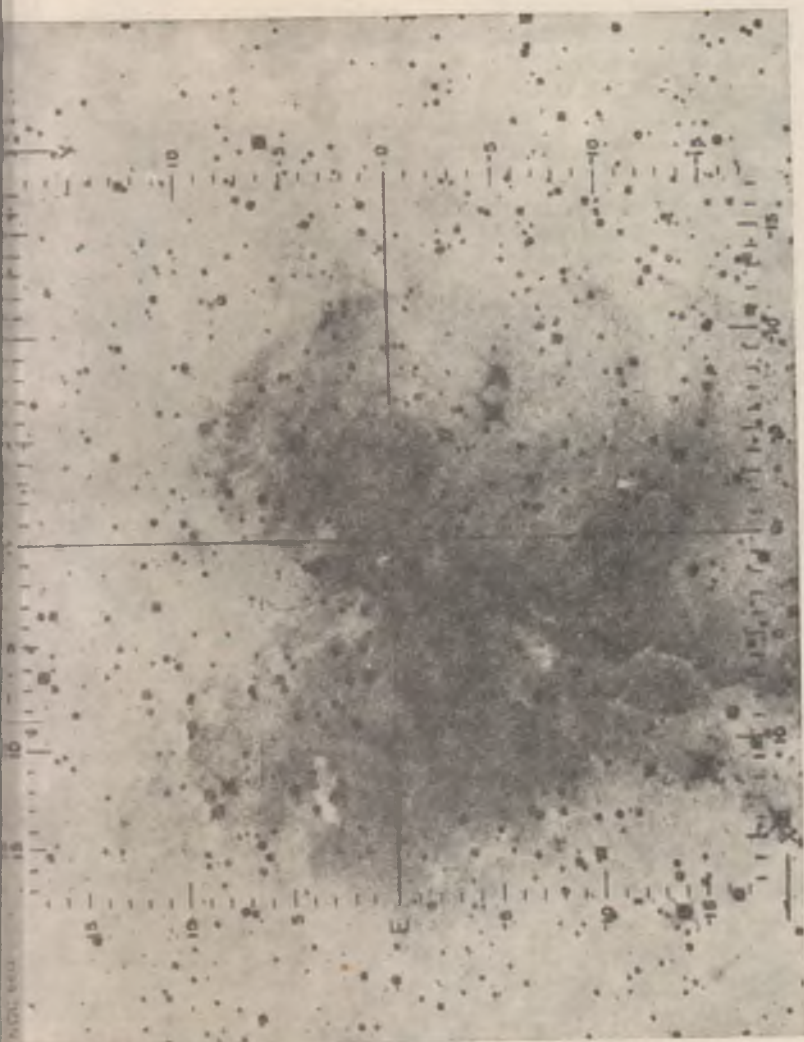


2. ábra. Tipikus galaktikus halmazok



b.) NGC 633;





d.) NGC 6611. E halmaz ionizált gázt, következtetésképpen OB csillagokat is tartalmaz. A felvételek Trumpler katalógusából valók.

Mik a nyílthalmazok?

Legáltalánosabb meghatározásuk *G. Altertől* származik: a nyílthalmazok olyan csillagcsoportok, melyeknek tagjai szorosabb gravitációs kapcsolatban vannak egymással, mint az őket körülvevő csillagmezővel.

Ezen belül persze nagyon változatosak lehetnek. Alakjuk általában szabálytalan, méreteik tág határok közt változnak. Átlagos átmérőjük néhány parszek. Sűrűségük legalább egy nagyságrenddel nagyobb a mezőénél. Többnyire néhány száz csillagot tartalmaznak, de vannak, amelyek csak egy-két tucatot, míg különlegesen gazdag halmazok — pl. a h és χ Persei — néhány ezret is. Mivel a halvány, kis tömegű csillagokat nehéz észrevenni és halmaztagokként azonosítani, a halmazok tömegét és méreteit könnyen alábecsülhetjük. (A halmaztagokat a mezőből legmegbízhatóbban sajátmozgásaik alapján emelhetjük ki.)

Tejútrendszerünkben a nyílthalmazok számát kb. 15 000-re becslik. Legfeltűnőbb képviselőjük a szabad szemmel is látható Pleiadok: a Fiastyúk. A 2. ábrán néhány nyílthalmaz fényképét láthatjuk.

A nyílthalmazok szín — fényesség diagramja

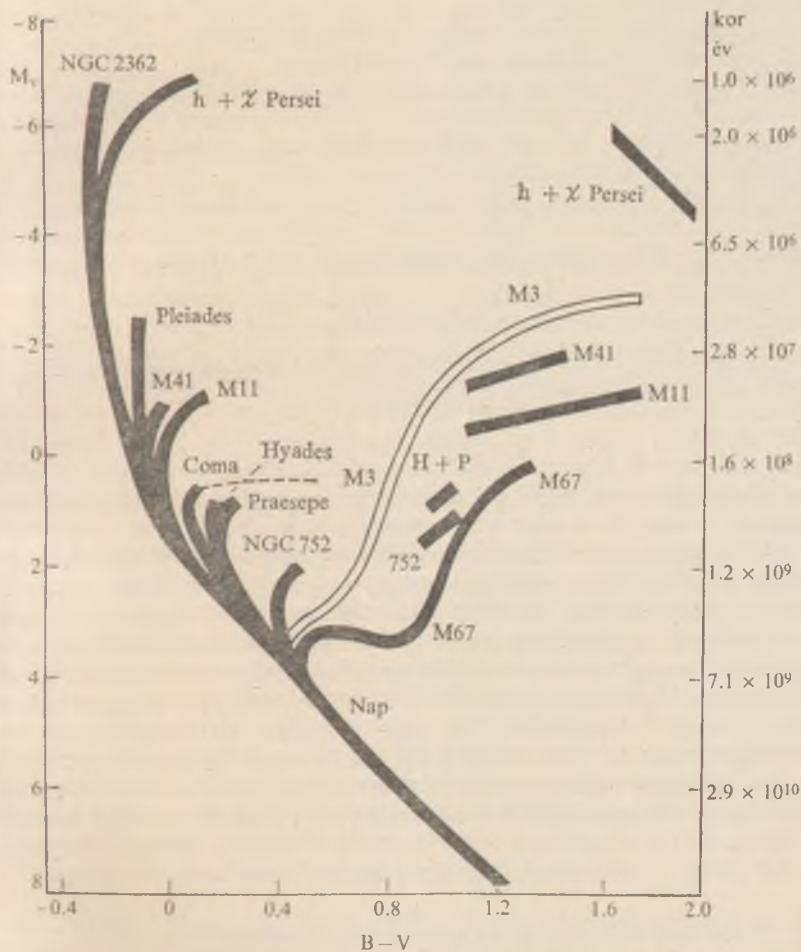
Mivel a nyílthalmazok rendkívül sokfélék lehetnek, osztályozás nélkül nehéz lenne áttekinteni őket. A történelem során nagyon sokféleképpen osztályozták már őket. A cél természetesen valami alapvető fizikai paraméter — pl. tömeg, kor, kémiai összetétel — szerinti csoportosításuk. A megfigyelhető mennyiségek közül a *szín—fényesség-diagram* adja a legtöbb értékes információt a halmazokról. Alakja csupán a kor és a kémiai összetétel függvénye, és ezen kívül az egyik legpontosabb távolságmeghatározást teszi lehetővé.

A legfényesebb csillagok színképtípusai az egyes halmazokban nagyon különbözök lehetnek. Pl. a Pleiadokban a legfényesebb csillagok kékek, *B* típusúak, egy másik közeli nyílthalmazban, a *Hyadok*ban sárgák, *A* típusúak, a *Messier 67* legfényesebb csillagai pedig vörös óriások.

A 3. ábra néhány nyílthalmaz és egy gömbhalmaz szín—fényesség-diagramjait mutatja együtt. Közös bennük az aránylag határozott főszorozat, de ennek legfényesebb pontja már különböző helyeken van. Az öregedés hatása úgy jelentkezik ezeken a diagramokon, hogy a csillagok elhagyják a főágot, vörös óriássá válnak. A vörös óriássá válás annál később következik be, minél kisebb egy csillag abszolút fényessége. Ezek a halmazok tehát nagyon eltérő korúak. Legfiatalabb az *NGC 2362*, legöregebb pedig az *M67*. Ennek szín—fényesség-diagramja a gömbhalmazokéhoz hasonlít, amelyek pedig a Tejútrendszer legöregebb objektumaiként ismertek.

A szín—fényesség-diagramok tehát lehetővé teszik a nyílthalmazok kor szerinti csoportosítását és — csillagfejlődési elméletek figyelembevételével —

valódi életkoruk meghatározását. Az ismert nyílthalmazok legnagyobb részének kora 10^6 — 2×10^8 év között van, de akad néhány, amelyek 10^9 éves vagy még öregebb. Ezek száma azonban elenyésző az előbbi korcsoportéhoz képest.



3. ábra. Halmazok szín-fényesség diagramjai

A nyílthalmazok távolságának meghatározása

A Tejútrendszer vizsgálata szempontjából a halmazok korának és térbeli eloszlásának ismerete a legfontosabb. Térbeli eloszlásuk megkonstruálásához megbízható távolságmeghatározási módszerekre van szükség. Ezek a módszerek két csoportba sorolhatók:

1. pontos pozíciómérésen alapuló geometriai módszerek;
2. fotometriai és spektroszkópiai módszerek.

Az első csoportba tartozik a trigonometrikus parallaxismérés — ez azonban csak nagyon szűk távolságtartományban, kevés nyílthalmazra alkalmazható —, a sajátmozgásokon alapuló távolságmeghatározás, valamint a halmazok szögátmérőjének távolságfüggését felhasználó módszer.

A második csoportba tartozó méréseknél a halmazok *szín—fényesség*-, illetve *spektrum—fényesség* diagramjainak távolságfüggését használják. E diagramok valamelyiké ismeretében meghatározhatjuk a halmaz távolságmodulusát:

$$y = mS - MS,$$

ahol mS és MS az S színképtípusú (vagy színű) halmazcsillagok közepes látszó illetve abszolút magnitúdói. A távolság pedig az

$$y = 5 \log r - 5 + A(r)$$

összefüggésből adódik, ahol $A(r)$ az intersztelláris abszorpció a halmaz távolságában.

Látjuk, hogy a mérhető látszó magnitúdókon és színeken kívül két mennyiséget kell mégismernünk: a csillagok abszolút magnitúdóit színük (ill. színképtípusuk) függvényében, és a csillagközi anyag által elnyelt fény mennyiségét.

Az abszolút magnitúdókat közeli, ismert trigonometrikus parallaxisú csillagok látszó magnitúdóinak mérésével határozzák meg. Ily módon felépíthető egy standard fősorozat és ezt a fősorozatot a megfigyelt halmaz-főághoz illesztve kapjuk a fotometriai illetve spektroszkópiai távolságmodulust.

A fősorozatok összeillesztésére épülő távolságmeghatározás nagyon érzékeny a halmazok közötti különbségekre. Sok esetben csak a halmaz legfényesebb csillagait ismerjük, ezek pedig annál vörösebbek, minél öregebb a halmaz. A különböző korú szín—fényesség—diagramok összeillesztése tehát kortól függő szisztematikus hibákat okoz a távolságmeghatározásban.

A nyílthalmazok szerepe az intersztelláris abszorpció vizsgálatában

A nyílthalmazok nagy része a Tejútrendszer síkjában és annak közelében koncentrálódik. Ezért távolságaik meghatározását nagyon megnehezíti az intersztelláris por létezése, mivel a por szintén a Tejútrendszer síkjában, szabálytalan alakú, sűrűségű és térbeli eloszlású felhőkben helyezkedik el.

Mint történeti tényt meg kell említeni, hogy a nyílthalmazok vezettek az interstelláris fényelnyelő közeg felfedezéséhez. 1930-ban *Trumpler* a nyílthalmazok szögátmérőit vizsgálta fotometriai távolságaik függvényében. Azt várjuk, hogy a hasonló típusú halmazok *valódi átmérői* között nincs szisztematikus eltérés, és így a szögátmérő csak a távolságtól függ. Ehelyett azt kapta, hogy a halmazok *valódi átmérője* a távolság függvényében növekszik. Ebből arra a következtetésre jutott, hogy ezek a halmazok valójában közelebb vannak hozzánk, látszó magnitúdóikat azonban megnöveli (fényességüket lecsökkenti) egy fényelnyelő közeg, amely a Föld és a halmaz között helyezkedik el.

A halmazátmérők vizsgálata hatékony eszköz az interstelláris abszorpció vizsgálatában, mivel a fotometriai úton és a szögátmérők alapján felépített távolságskálák eltéréseiből az abszorpció mértékét közvetlenül, magnitúdókban kapjuk.

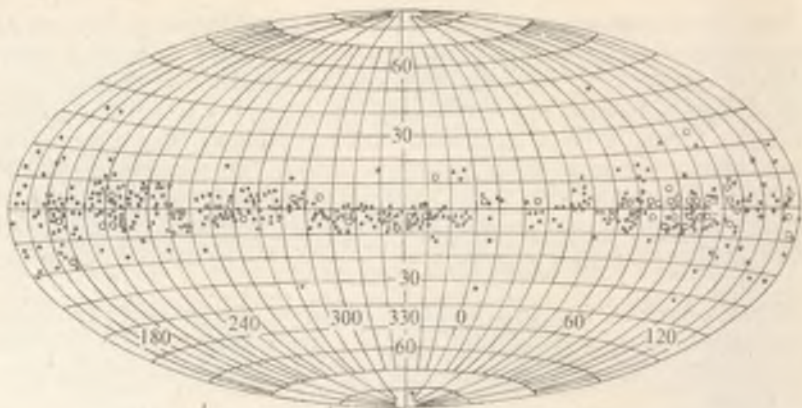
Ez azért is jelentős, mert az abszorpció közvetlen becslésére csak a Tejútrendszer néhány speciális helyén, kevés, nem nagyon pontos módszer áll rendelkezésünkre. A fénygyengítés meghatározására általában az interstelláris por egy másik, közvetlenül mérhető tulajdonságát szokás használni: azt, hogy vörösíti a csillagok fényét. A vörösödés pedig fotometriai úton egyszerűen meghatározható: a csillag *színképtípusának megfelelő és megfigyelt* színének különbsége. Egy csillag színképtípusát ugyanis egyértelműen meg lehet állapítani az interstelláris abszorpció zavaró hatásá ellenére. A *vörösödés* és a *fényelnyelés* mértéke összefügg egymással; az összefüggés megismeréséhez szükségesek olyan helyek, ahol egyszerre mérni tudjuk mindkettőt. A nyílthalmazok két szempontból is alkalmasak erre: egyik a már említett átmérővizsgálat, a másik pedig arra épül, hogy a halmazok egy része maga is tartalmaz port. Ezért a halmazon belül az azonos színképtípusú csillagok színe is, látszó magnitúdója is változik. Mivel a halmaz csillagai azonos távolságban vannak tőlünk, ezt a változást mind a halmazban levő interstelláris anyag okozza, így tehát ez esetben is mód nyílik az abszorpció és a vörösödés mértékének összehasonlítására.

A vizsgálatok eredménye azt mutatja, hogy az abszorpció és a vörösödés összefüggése az egész Tejútrendszerben közel azonos. Ez pedig azt jeleenti, hogy az interstelláris por fizikai tulajdonságai is nagy mértékben egyformák.

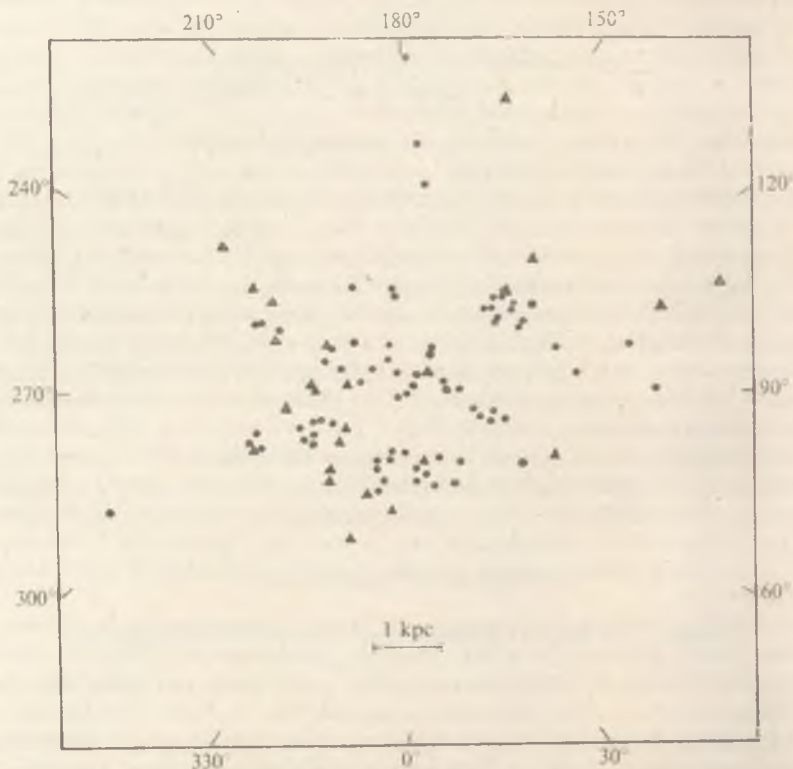
A nyílthalmazok térbeli eloszlása

Az 1930-as években már megmutatták, hogy a nyílthalmazok egy lapult, diszkosz-szerű rendszert alkotnak, amelynek vastagsága kb. 1000 pc. A 4. ábra a nyílthalmazok eloszlását mutatja a galaktikus koordináták függvényében.

Távolságaik pontosabb ismerete lehetővé teszi térbeli eloszlásuk finomabb részleteinek vizsgálatát is. Az abszorpciós törvény ismeretében nagyszámú



4. ábra. A nyílthalmazok eloszlása galaktikus koordináta rendszerben



5/a ábra. A nyílthalmazok eloszlása a galaktikus síkra vetítve

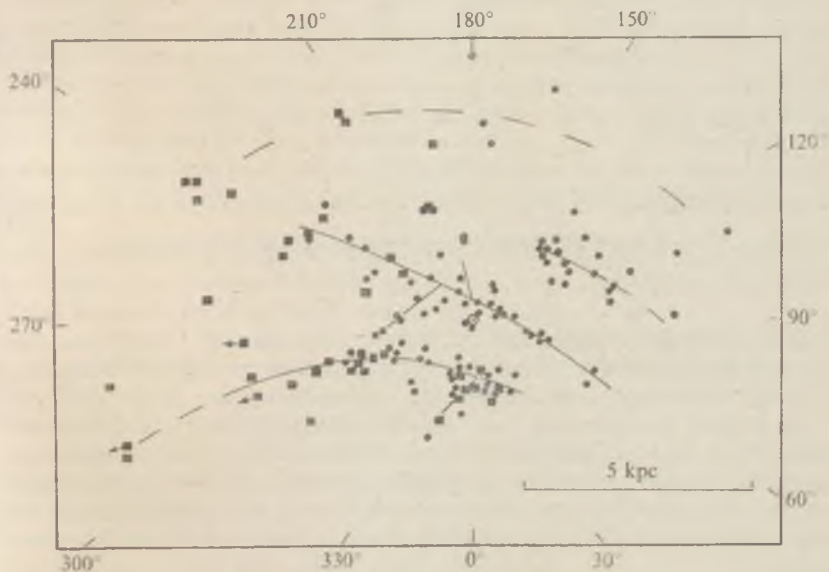
nyílthalmaz távolságát határozhatjuk meg aránylag nagy pontossággal. Sajnos, az optikai megfigyelések hatótávolsága a Tejútrendszer síkjában az interzstelláris abszorpció miatt igen korlátozott. Maximálisan a Nap 3—4 kpc-es sugarú környezetét tudjuk így feltérképezni.

1961-ben *H. L. Johnson* és munkatársai 70 nyílthalmaz távolságát „mérték meg” *UBV*-fotometria segítségével. Érdekes külön megnézni a különböző korú halmazok eloszlását. Az 5a. ábra azoknak a halmazoknak a galaktikus síkra vetített eloszlását mutatja, amelyek tartalmaznak *B2* típusú vagy még korábbi csillagot. Mivel a *B2* típusú csillagok kb. 15 millió évig tartózkodnak a fő-sorozatban, ezek a halmazok nem lehetnek 15 millió évnél öregebbek.

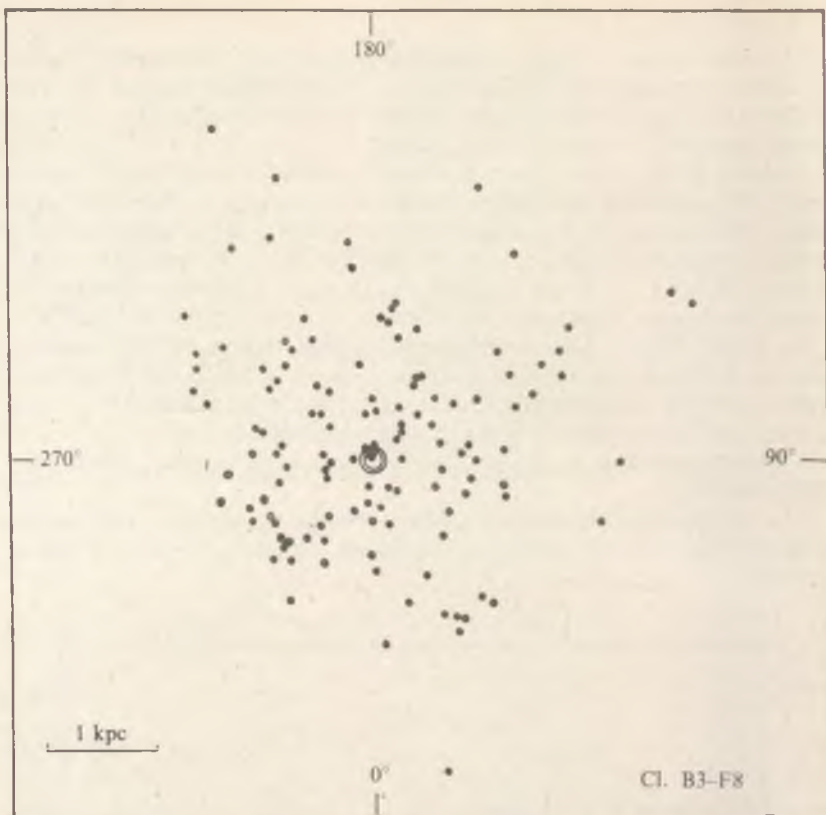
Az ábrán látható, hogy a fiatal nyílthalmazok három jól elkülöníthető ágba rendeződnek. Az utóbbi években néhány távoli fiatal nyílthalmaz észlelésével sikerült a távolsághatárokat egyes irányokban 8 kpc-ig kitolni, s ezáltal az ismert spirálkar-részeket meghosszabbítani. (5b. ábra.)

A három spirálkar, amelyeket a korai típusú nyílthalmazok kirajzolnak, a következők:

1. A lokális vagy *Orion-kar*, amely a Napon is átmegey. Legtávolabbi látható pontja $l = 245^\circ$ galaktikus hosszúság irányában van, kb. 4 kpc-re a Naptól.



5/b ábra. A *B2*-nél korábbi nyílthalmazok eloszlása a galaktikus síkra vetítve. A körök az 1973 előtti észleléseket, a négyzetek az újabbakat jelzik. A vonalak az egyéb spirálkar-indikátorokkal kapott spirálszerkezetet mutatják



6. ábra. A B3–F8 típusú nyílthalmazok eloszlása a galaktikus síkra vetítve

2. A galaktikus anticentrum irányában a *Perseus-kar* $l = 105^\circ$ és 215 galaktikus hosszúságok között. Legkisebb távolsága a Naptól kb. 2,5 kpc

3. A Tejútrendszer centruma irányában a *Sagittarius-kar*.

Az öregebb nyílthalmazok nem követik ezt a struktúrát. A 6. ábra a B3-nál későbbi típusú nyílthalmazok eloszlását mutatja. Az a tény, hogy a nyílthalmazok kora tág határok közt változik, lehetővé teszi, hogy nyomon kövessük a Galaxis strukturális részleteinek fejlődését. Ilyen típusú vizsgálatokhoz a halmazok korának, távolságának és térbeli sebességének ismerete szükséges.

Az asszociációk

Az előzőek azt sugallják, hogy a spirálszerkezet megismeréséhez viszonylag fiatal objektumok vizsgálata vezethet. Ilyen extrém fiatal csillagcsoportok az *asszociációk*. Ezek egészen laza csoportok, a halmazokkal ellentétben nem emelkednek ki az égi háttérből nagyobb sűrűségükkel, csupán a korai, *OB* típusú csillagok nagy számával. Úgy lehet őket megtalálni, hogy az égbolt egy-egy aránylag nagy, akár több négyzetfoknyi részén a nagy luminozitású korai csillagok száma nagyobb, mint egyéb helyeken. Részletesebb vizsgálatuk — mozgásuk, szín—fényesség-diagramjuk — azt mutatja, hogy ezek a csillagok fizikailag összetartoznak, együtt keletkeztek, és most éppen szét- esőben vannak. A korai csillagok térbeli sűrűsége olyan kicsi, hogy saját gravitációs terük nem képes összetartani őket. A külső árapálykeltő erők, valamint különböző egyéni sebességeik lassan teljesen eltávolítják egymástól őket. Ezen kívül a legtöbb asszociáció még expandál is; úgy látszik, mintha a csillagok eredetileg sokkal kisebb térfogatban lettek volna, ahonnan valamilyen erő (robbanás?) kidobta őket. Az asszociációk belső mozgásairól valójában csak nagyon hiányos adataink vannak. Ezek alapján vannak, akik kétsébevonják, hogy az expanzió az asszociációk lényegéhez tartozik.

Az asszociációk csillagai tehát „belefolynak” a környező csillagmezőbe, a későbbi típusú csillagok közé. Ezek életkorát nincs módunkban meghatározni, mivel élettartamuk aránylag hosszú. Így azt sem dönthetjük el, milyen hiányaduk lehet az asszociáció szerves része, legfőljebb mozgásuk ismeretében tehetünk rá becsléseket. Mindenesetre valószínű, hogy a korai csillagokon kívül kisebb tömegű csillagok is vannak bennük.

Tartalmaznak még nagy mennyiségű sötét anyagot is, amely meglehetősen szabálytalan eloszlású, egy része kompakt kis felhőkben, globulákban tömörül.

Az asszociációk térségében nagy tömegű hidrogénfelhők is találhatóak, amelyeket a forró csillagok részben ionizálnak. Több asszociáció körül neutrális hidrogénből álló expandáló burkot fedeztek fel.

Össztömegüket — a fiatal csillagok, a gáz és a por tömegét együtt — 10^3 — 10^4 naptömegre becslik. Átmérőjük 20 parszek és néhány száz parszek között van. Ezek inkább csak alsó határt jelentenek, mert nagy méreteik és laza szerkezetük miatt nehéz őket feltérképezni.

Az előző, *OB* asszociációknak nevezett típuson kívül van még egy másik fajtájuk is: a *T* asszociációk. Ezek *T Tauri* típusú változócsillagokat tartalmaznak, amelyek ködbe ágyazott, szabálytalanul változó *vörös törpék*. Ismereteink szerint még fejlődésük fősorozat előtti fázisában vannak, tehát az *OB* csillagokhoz hasonlóan extrém fiatal objektumok.

A két típus nem minden esetben különül el egymástól: az *OB* asszociációk egy része *T Tauri*kéből álló csoportokat is tartalmaz. Egy részükben fiatal, *OB* típusú nyílthalmaz — esetleg több is — található. *V. Ambarcumjan* az

asszociáció „magjainak” nevezi ezeket. Több esetben kimutatta, hogy a nyílthalmazok az expanzió centrumai.

A nagyobb asszociációk több, térbelileg is szeparált alrendszerből állnak. Az alrendszerek koncentrátsága, por- és gáztartalma valamint szín—fényesség-diagramjaik különbözőek. Következésképpen koruk is eltérő. Az alrendszerek általában távolodnak egymástól — ez is az asszociáció bomlásához vezet.

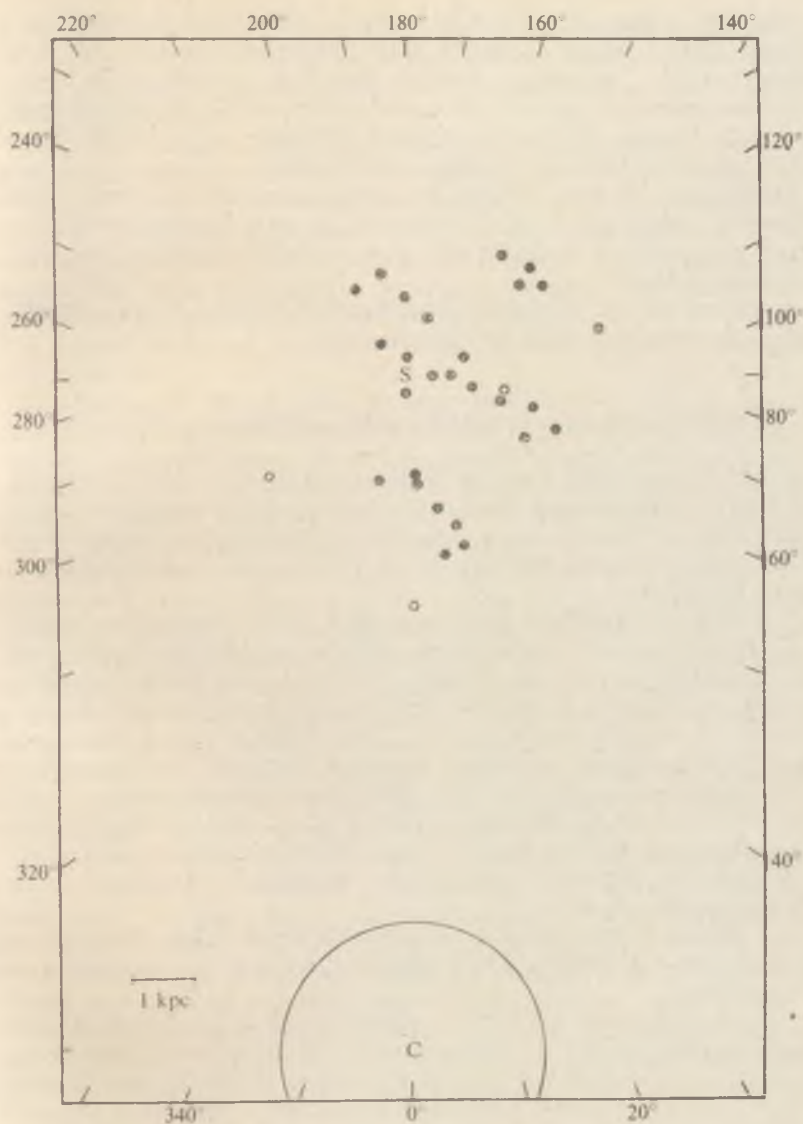
Mindezekből láthatjuk, hogy az asszociációk nagyon fiatal képződmények. Egrészt mert kis térbeli sűrűségük következtében gyorsan szétesnek — másrészt mert az őket alkotó korai csillagok sem élnek sokáig, néhány millió, esetleg tízmillió év alatt elhagyják a főágot. Kb. 3×10^7 év az a felső határ, ameddig az ilyen pozitív összenergiájú csoportokban keletkezett csillagok közös eredetét ki lehet mutatni.

Az asszociációkban tehát a csillagfejlődés legkorábbi fázisait vizsgálhatjuk. A csillagok mintegy a szemünk láttára keletkeznek bennük. Létezésük azt bizonyítja, hogy a Tejútrendszerben jelenleg is folyamatban van a csillagkeletkezés.

Az asszociációk térbeli eloszlása

Hol vannak Tejútrendszerünkben azok a helyek, ahol a csillagok létrejöhetnek? Ha megtaláljuk őket, esetleg arról is kapunk valami információt, hogy milyen speciális környezetben alakulhatnak ki a csillagok.

Az asszociációk távolságait is fotometriai és spektroszkópikus módszerekkel határozzák meg. A korok szórása ez esetben olyan kicsi, hogy nem okozhat szisztematikus hibákat a távolságmeghatározásban. A csillagok viszont sokkal nagyobb térfogatban helyezkednek el, mint a nyílthalmazok csillagai. Ezért sok esetben már egyáltalán nem tekinthetjük úgy az asszociáció csillagait, hogy azonos távolságban vannak tőlünk, mivel távolságaik szórása néhány száz parszek is lehet. Szín—fényesség-diagramjaiknak általában csak egy rövid szakaszát ismerjük, mégpedig éppen azt, amelyiken az abszolút magnitúdókat a legkisebb pontossággal lehet meghatározni. A vörösödés mértéke az asszociáción belül a sok kis porfelhő miatt szinte csillagról csillagra változhat. Számos megfigyelés arra is utal, hogy a vörösödési törvény az asszociációkban egészen más lehet, mint a Tejútrendszer egyéb helyein; a *totális* és a *szelektív* abszorpció hányadosa *UBV* rendszerben sokkal nagyobb lehet a megszokott értéknél. Ez azt jelenti, hogy az asszociációkban az intersztelláris por fizikai tulajdonságai egészen másfélék lehetnek, mint a Tejútrendszer nyugodtabb helyein, és ez nagyon könnyen el is képzelhető. Másrészt olyan feltevések is vannak, hogy a vörösödésnek csak egy részét okozza az intersztelláris anyag, a másik része pedig a korai csillagokat körülvevő ún. *cirkumsztelláris* anyagban jön létre. Ezeknek a *cirkumsztelláris burkoknak* a fizikai állapota pedig gyökeresen eltérhet a közönséges intersztelláris felhőkétől.



7. ábra. Az asszociációk eloszlása a galaktikus síkra vetítve

Meg kell azonban jegyezni, hogy ezeknek a vörösödési anomáliáknak a létezése nagyon vitatott. Legalább annyi megfigyelés igazolja őket, mint amennyi cáfolja. Manapság a kutatók nagy része arrafelé hajlik, hogy a Tejútrendszerben egy egységes vörösödési törvény létezik, és ez az asszociációkban is érvényes. Ebből a kis kitérőből is látszik, milyen sokféle tényező nehezíti az asszociációk megismerését, feltérképezését.

Távolságukat úgy lehet a legmegbízhatóbban meghatározni, hogy a terület legkorábbi csillagainak — amelyek biztosan az asszociációhoz tartoznak — távolságait egyenként meghatározzák és az átlagukat fogadják el az asszociáció távolságaként.

Az *OB* asszociációk eloszlását a galaktikus síkra vetítve a 7. ábra mutatja. Láthatóan szigorúan követik a spirálszerkezetet.

A nyílthalmazok és az asszociációk helye a Tejútrendszer kutatásában

Az előző fejezetekben nagy vonalakban megismertük e két csillagcsoport legfontosabb tulajdonságait. Ezek után nézzük meg, mit mondanak ezek az objektumok a Tejútrendszer szerkezetéről és fejlődéséről, és milyen kérdéseket vetnek fel ezekkel kapcsolatban. A legfontosabb megfigyelhető jelenségek a következők:

1. A fiatal nyílthalmazok és az asszociációk térbeli eloszlása azt mutatja, hogy Tejútrendszerünk spirális galaxis. Spirális szerkezetének azonban csak egy nagyon kis részét tudjuk megfigyelni. Ráadásul a megfigyelhető spirálkar-részletek egyáltalán nem egyszerű, sima képződmények. Gyakori bennük a szakadás, az elágazás. Nehéz eldönteni, mely szerkezeti elemek részei a Galaxis fő spirálkarjainak, és melyek lehetnek átmeneti vagy lokális jelenségek.

A Tejútrendszer nagyobb skálájú struktúrájának megértéséhez az extragalaxisok vizsgálata ad támpontot. Ezeket kívülről, teljes egészükben látjuk. A megfigyelhető részletek alapján azzal a feltevéssel tehetünk kijelentéseket a Tejútrendszer egészéről, hogy lényeges vonásaiban Galaxisunk a távoli spirálgalaxisokhoz hasonló.

2. A csillagasszociációkban a csillagok keletkezését látjuk. Létezésük azt bizonyítja, hogy a csillagok csoportokban keletkeznek; ezeknek tömege kb. 10^4 naptömeg.

Az asszociációkban keletkezett csillagok aztán szétszóródnak a térbe, mezőcsillagokká válnak. *V. Ambarcumján* feltevése szerint a Tejútrendszer korongjának minden csillaga ilyen expandáló csoportban jött létre. (Az ilyen jellegű becslések nagyon érzékenyek az asszociációk feltételezett méreteire, a bennük keletkező csillagok számára, ezekről pedig elég pontatlan ismereteink vannak.)

3. Az asszociációk a spirálkarok mentén helyezkednek el, tehát Tejútrendszerünk mai állapotában a spirálkarok a csillagkeletkezés helyei. A csil-

lagformálódást beindító fizikai folyamatnak eszerint valamilyen módon kapcsolatban kell lennie a spirálszerkezetet létrehozó vagy fenntartó folyamatokkal, — vagy legalábbis a spirálkarokban a csillagképződésnek kedvező feltételeknek kell uralkodniuk.

4. A fiatal csillagok a nyílthalmazokban és az asszociációkban nagy mennyiségű intersztelláris gázzal és porral vannak együtt. Ez azt jelenti, hogy valamilyen módon ezek az anyagok is szerepet játszanak a csillagkeletkezésnél: azaz vagy belőlük keletkeznek a csillagok, vagy pedig együtt keletkeznek a csillagokkal valami ismeretlen *csillagelőtti anyagból*. A harmadik lehetőséget, azt, hogy a gáz- és porfelhőket a csillagok termelik, el kell vetnünk, mert ehhez túlságosan nagy ennek az anyagnak a tömege.

5. Az asszociációkban keletkezett csillagok további sorsáról a következőket mondhatjuk:

Az asszociációk 20—30 millió év alatt felbomlanak: csillagaik annyira szétszóródnak, hogy már nem mutatják a közös eredetet. Azonban nem csupán különálló csillagokra esnek szét, hanem kisebb, *negatív összenergiájú* rendszerekre: *kettős- és többszörös csillagokra*, valamint *nyílthalmazokra* is. Ezek a kisebb csoportok túlélnek az asszociációkat és megmutatják, hogyan változik a spirálkarokban keletkezett csillagok térbeli eloszlása később. Ehhez azt a feltevést kell elfogadni, hogy a „közelmúltban” is a spirálkarokban keletkeztek a csillagok. Ismert korú és mozgású csillagok vizsgálata azt mutatja, hogy ez valóban így van. Így föltehetjük, hogy a ma ismert öregebb nyílthalmazok régen felbomlott asszociációk termékei, és ők is a spirálkarokban keletkeztek. Mivel ezek térbeli eloszlása egyáltalán nem követi a spirálszerkezetet, azt látjuk, hogy a spirálkarok anyaga cserélődik. Állandóan új csillagok keletkeznek bennük, a régiek pedig elhagyják őket.

A nyílthalmazok nemcsak a csillagok térbeli eloszlásának változását mutatják a kor függvényében, hanem szín—fényesség—diagramjaik lehetővé teszik csillagok szerkezeti változásainak nyomon követését is.

6. Az ismert nyílthalmazok kor szerinti eloszlásának vizsgálata azt mutatja, hogy idővel ezek is felbomlanak — oly módon, hogy csillagaik lassan „el-párolognak”. A Nap 1 kpc-es sugarú környezetében a nyílthalmazoknak kb. fele 2×10^8 évesnél fiatalabb, a 10^9 évet pedig csak 1%-uk éri meg. Tehát ha feltesszük, hogy az újonnan keletkezett halmazok száma időben nem változik, azt mondhatjuk, hogy átlagos élettartamuk kb. 2×10^8 év. Így a Tejútrendszer öreg mezőcsillagai között szép számú felbomlott nyílthalmaz van. *J. H. Oort* feltevése szerint a galaktikus halo is tartalmazhatott nyílthalmazokat, de mivel ezek sokkal lazább csoportok, mint a gömbhalmazok, már régen felbomlottak.

Végül vázoljuk fel röviden, milyen kapcsolatban vannak a felsorolt jelenségek az *elméletekkel*, hogyan tudjuk őket értelmezni és milyen nyitott kérdések vannak még ezen a területen.

1. A Tejútrendszer spirális szerkezete

Egy galaxis spirális szerkezetének típusa erősen összefügg a galaxis egyéb fizikai tulajdonságaival — ezért az alapvető tulajdonságok érzékeny indikátora lehet. A spirálszerkezet elméleti értelmezése tehát fontos és szükséges lépés a galaxis egész szerkezetének, lényeges tulajdonságainak megértése felé.

A spirálszerkezet elméletét C. C. Lin és munkatársai dolgozták ki. Elméletük szerint a spirálkarok a *galaxis síkjában tovaterjedő sűrűség hullám* maximumhelyei. A karokat tehát gravitációs erő kelti és tartja fenn. A nagyobb sűrűségű karok nagyobb gravitációs tere perturbálja a galaxis centruma körül mozgó anyag pályáját: a csillagok és a gáz lelassulnak a karokban, ezáltal hosszabb ideig tartózkodnak bennük, mint rajtuk kívül. Így a nagyobb sűrűségű helyek, ha egyszer létrejöttek, fenn is tartják magukat. Nincs azonban még kielégítő magyarázat arra, hogyan jönnek létre a spirálkarok.

Az elmélet a spirálszerkezet lényeges vonásait sikeresen magyarázza: érthetővé válik, miért maradhatnak fenn a spirálkarok a Tejútrendszer differenciális rotációja ellenére, miért koncentrálódnak a karokban a gáz erősebben, mint a csillagok, és miért keletkeznek csillagok a spirálkarokban. (Ez utóbbi két jelenségre a következő fejezetben még visszatérünk.) A spirálszerkezet típusát a galaxis tömegeloszlása határozza meg.

Természetesen nem szükségszerű, hogy a galaxis minden karja — nagyobb sűrűségű helye — a sűrűség hullám része legyen. Elképzelhetők bizonyos mechanizmusok — galaxisok kölcsönhatása, a galaxismag robbanása, mágneses jelenségek, stb. — amelyek átmeneti jellegű karokat hozhatnak létre. Ezek azonban kivételes körülmények között jönnek csak létre és lokális jelenségek, nagyobb távolságskálán nem befolyásolják a spirális szerkezet formáját.

A mi Tejútrendszerünkre végzett számítások azt mutatják, hogy a Perseus és a Sagittarius kar *sűrűség hullám-karok*, de az Orion-kar nem az, hanem csak valami lokális képződmény, „karok közötti híd” lehet.

2. A csillagok keletkezése a spirálkarokban, az asszociációk kialakulása

A sűrűség hullám-elmélet nagyon jól összeegyeztethető azzal a feltevéssel, hogy a csillagok az intersztelláris gázból kondenzálódnak.

A sűrűség hullám egészen másféle változásokat hoz létre a gáz viselkedésében, mint a csillagokéban. A csillagok kölcsönhatása egymással egészen gyenge — nem ütköznek —, „egyénekként” vizsgálhatjuk őket. Pályájuk módosulását is kiszámíthatjuk. A gáz azonban egy többé-kevésbé folytonos közeg. A sűrűség hullám frontjához érve a gáz fizikai paraméterei ugrásszerűen megváltoznak, lökéshullámok jönnek létre benne. A spirálkaron belül a gáz erősen összenyomódik, sűrűsége megnő.

Az intersztelláris felhők méreteire, hőmérsékletére, nyomására megfelelő kezdeti értékeket feltételezve azt mutatják a számítások, hogy a sűrűség-hullám a gázfelhőkben a csillagformálódáshoz kedvező feltételeket teremt. A megfelelő paraméterekkel rendelkező felhőkben tehát gravitációs összehúzóda útján csillagok keletkeznek. Egy felhőből több csillag is kialakulhat, de annyi nem, amennyi egy-egy asszociációban megfigyelhető. F. H. Shu és munkatársai szerint az asszociációkat az intersztelláris közegekben a sűrűség-hullám hatására létrejövő mágneses instabilitások hozzák létre. A sűrűség-hullám hatására a mágneses tér is megváltozik, a gáz egyéb fizikai paramétereivel együtt és a presztelláris gázfelhők összegyűlnek a mágneses tér potenciálvölgyeibe. A számítások szerint ily módon 10^3 — 10^6 naptömegű óriás felhőkomplexumok jöhetnek létre. Ennek csak egy részéből lesznek csillagok, a másik hányada megmarad gázalakban. Ez a gáz az asszociációk tömegének jelentős részét adja. Az így létrejött csillagcsoportok nem lesznek gravitációnan határoltak, mivel külső erők gyűjtik össze őket. Ez magyarázza az asszociációk tágulását.

Az egyes felhők kontrakciója — összehúzódása — nagyon különböző ideig tarthat. Így lehetnek egy asszociáción belül különböző korú alrendszerek. Sőt egy adott felhőben keletkező csillagokat sem tekinthetjük szigorúan azonos korúaknak, így többek között a nyílthalmazok csillagait sem. G. Herbig feltevése szerint előbb a kis tömegű csillagoknak kell kialakulniuk, mivel a nagy tömegű csillagok intenzív sugárzása nagy térfogattól szétfújja a gázt, tehát ezek megjelenése után az adott térrészben lehetetlenné válik a további csillagképződés.

A nyílthalmazok korának meghatározásakor pedig éppen a legfényesebb csillagok korát vizsgáljuk, jóllehet ezek lényegesen fiatalabbak is lehetnek, mint a halmaz többi tagja.

A fent vázolt kép a csillagok keletkezéséről korántsem olyan egységes és ellentmondásmentes, mint amilyennek az eddigiek alapján látszik. A csillagok ugyanis — különösen fejlődésük korai szakaszában — produkálnak olyan jelenségeket, amelyek sehogyan sem illeszthetők be a gázból kondenzálódás jól kidolgozott elméletébe. (A csillagok keletkezéséről lásd Barcza Szabolcs cikkét az 1975-ös Csillagászati Évkönyvben.) Másrészt az expandáló asszociációk és az őket körülvevő expandáló gázburkok létezése sem szükségszerű következménye a gázból kondenzálódás folyamatának.

Ezért meg kell említeni a csillagkeletkezés egy másik lehetőségét is, amelyet V. Ambarcumján vetett fel: azt, hogy a csillagok és az intersztelláris anyag együtt keletkeztek egy szupersűrű, presztelláris anyag robbanása következtében. Az asszociációk különböző korú alrendszerei különböző „protocsillagokból” jöttek létre. A szupersűrű protocsillag természetétől függ, hogy OB vagy T asszociáció keletkezik belőle, és az így létrejött komplexumban milyen lesz a csillagok és az intersztelláris anyag aránya.

Ebben az esetben nem követhetjük nyomon számításokkal a csillagok fejlődését.

dését, mivel a presztelláris anyag természete, s következésképpen a belőle kialakuló csillagok szerkezete is ismeretlen. Azt sem állíthatjuk ebben az esetben, hogy a csillagok energiáját magreakciók termelik.

Az egyik megfigyelési tény, amely a szupersűrű presztelláris anyag gondolatához vezetett, éppen az volt, hogy nem tudunk minden megfigyelhető energia-termelő jelenséget magreakciókkal értelmezni.

A másik, az alapvetőbb megfigyelési tény, ami a hipotézis alapja: az Univerzumban az expanzió nagyon általános mindenütt megfigyelhető mozgásforma. Látunk expandáló légkörű vagy éppen gázburkot ledobó csillagokat, táguló asszociációkat, amelyeket táguló gázfelhő vesz körül, robbanó galaxismagokat, stb. Ezzel szemben olyan megfigyelés nincs, hogy valamilyen objektum éppen kisebb térfogatba megy össze.

Ez pedig azt sugallja, hogy a csillagok és a csillagrendszerek egy eredetileg sokkal kisebb térfogatú anyagból alakultak ki. A fiatal csillagcsoportok léte azt mutatja, hogy a szupersűrű anyag Tejútrendszerünkben most is jelen van és megfelelő körülmények közé kerülve látható, „normális” anyaggá alakul. A spirálkarokban uralkodó fizikai állapotok kedvezhetnek ennek a folyamatnak.

A nyílthalmazok és az asszociációk a Tejútrendszer szerkezetének és fejlődésének csak egy kicsiny metszetét mutatják. Azt láthatjuk bennük, hogyan keletkeznek, fejlődnek, mozognak a csillagok a *Nap környezetében* az utóbbi néhány százmillió évben. Bizonyos törvényszerűségek ismeretében ezekből a megfigyelhető részletekből általánosabb érvényű kijelentéseket tehetünk a Tejútrendszer nagyobb távolság- és időskáláira. Általánosításaink érvényességét azonban erősen korlátozza, hogy ismereteink ezekről is meglehetősen hiányosak még — nemcsak a kérdéses objektumok természetéről, hanem elsősorban a kialakulásukat, fejlődésüket, mozgásukat irányító folyamatokról, törvényszerűségekről. A mai asszociációk megfigyeléséből például nem következtethetünk arra, hogyan jöhettek létre a Tejútrendszer II. populációs csillagai, mivel a csillagkeletkezés folyamatáról még egyáltalán nincs ellentmondásmentes képünk.

Még messze vagyunk attól, hogy egységes képet tudjunk alkotni a csillagkeletkezésről a Tejútrendszer különböző alrendszereiben és különböző fejlődési szakaszaiban. A megfigyelt jelenségek sokféleségét csak úgy tudjuk értelmezni, ha feltesszük, hogy a csillagkeletkezésnek többféle mechanizmusa létezik ma is, és volt a múltban is. Így megvan a létjogosultsága annak a hipotézisnek is, hogy a táguló asszociációk szupersűrű anyagcseppekből jöttek létre — és annak is, hogy a ritka intersztelláris gázból sűrűsödtek össze.

KÜLÖNLEGES CSILLAGOK: A WOLF-RAYET CSILLAGOK

Felfedezés

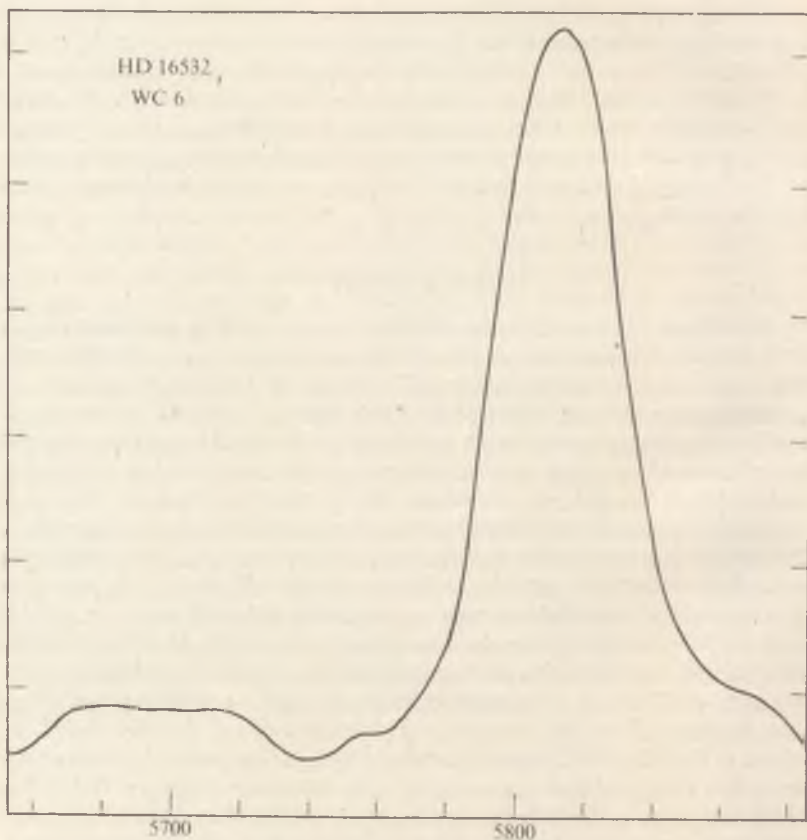
Két párizsi csillagász *C. J. E. Wolf* és *G. Rayet* 1867-ben vizuális spektrométerrel megállapította, hogy a mai nevén HD 191765, valamint a HD 192103 és a HD 192641 Cygnus beli csillagok színeképe nagyban különbözik a megszokottól. Ezeknél a csillagoknál a keskeny abszorpciós vonalak által felszabdalt *folytonos színekép* helyett széles *emissziós sávokat* találtak egy halvány kontinuumon. A párizsi akadémián tett erre vonatkozó bejelentésük nagy feltűnést keltett, és az újonnan felfedezett csillagokat róluk nevezték el Wolf-Rayet (röviden: *WR*) csillagoknak.

Általános jellemző

A Wolf-Rayet csillag kifejezés azt jelenti, hogy a csillag spektrumában a 3000—7000 Å tartományban egy halvány kontinuumon igen erős és széles, semleges és egyszeresen ionizált *hélium* (*He I* és *He II*), valamint két, három és négyszeresen ionizált *szén, nitrogén és oxigén* emissziós vonalak találhatóak. A vonalak szokatlan szélessége miatt szokás ezeket sávoknak is nevezni. A széles emissziós sávokhoz a *kék oldalon* gyakran csatlakoznak *abszorpciós kísérővonalak*. Tiltott vonalak nem fordulnak elő. További jellemzőjük, hogy nagy az abszolút fényességük, tömegükhöz képest pedig különösen túl fényesek. A WR csillagokban előforduló emissziós vonalak két jól elkülönülő csoportra oszthatók: a lekerekített profilú vonalak (pl. *He II 4686 Å*) és a szögletes profilú (a maximális intenzitást nemcsak egy meghatározott hullámhosszon, hanem annak egy környezetében is mutató) vonalak (pl. *He I 5876 Å*). A Gauss eloszláshoz hasonló profilú emissziós vonalak uralják a spektrumot. Ezekhez általában nem csatlakoznak abszorpciós kísérők. A másik — szögletes formájú — vonal ritkábban fordul elő. Közülük a legfeltűnőbbek a *C III 5696 Å* (*WC* típus) és a *N IV 4058 Å* (*WN* típus). Ezekhez a kék oldalon gyakran csatlakoznak abszorpciós kísérők. Hamar észrevették, hogy színeképük alapján a WR csillagok két csoportra oszthatók. Az egyik csoport színeképében főleg a hélium és szén vonalai, a másikéban pedig a hélium és a nitrogén emissziós vonalai dominálnak. Ezen belül a finomabb felosztás a kétféle alakú emissziós vonalak intenzitásvizonyain alapul.

A WR csillagok osztályozása

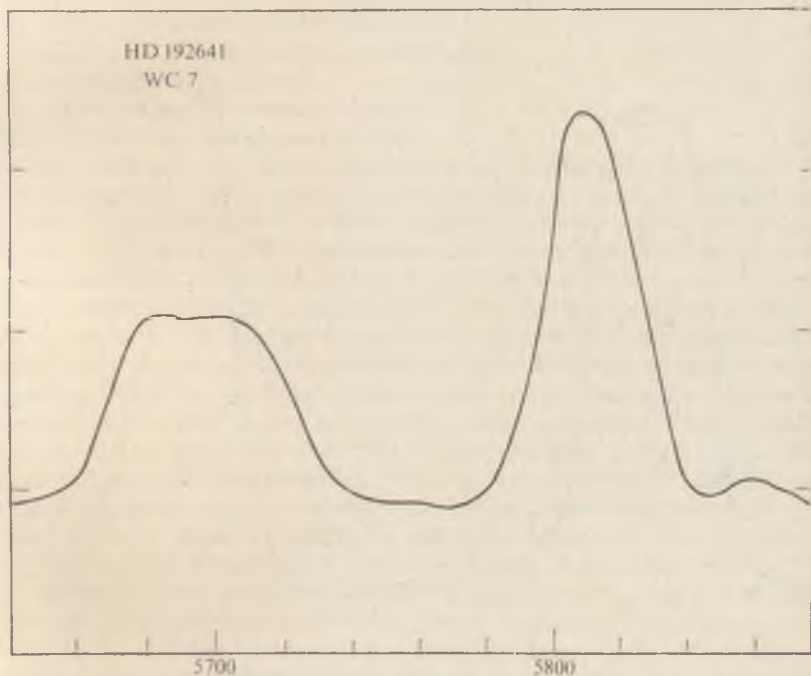
A két főcsoportot *WC*-vel ill. *WN*-el jelölik. A *WC* típusnál a két és háromszorosan ionizált *oxigén* és *szén* (*O III*; *O IV*; *C III*; *C IV*) emissziós vonalai dominálnak, míg a *WN* típus esetén a két, három és négyszeresen ionizált *nitrogén* vonalak (*N III*; *N IV*; *N V*). A három és négyszeresen ionizált oxigén valamint a háromszorosan ionizált szénvonalak halvány formában előfordulnak a *WN* csillagokban is, de a kétszeresen ionizált szén nem. A semleges és egyszeresen ionizált *hélium* vonalai mindkét fajta *WR* csillagnál előfordulnak, de az ionizált hélium vonalai a *WN* csillagoknál erősebbek mint a *WC* típusnál. Egyes jellegzetes osztályok a következők:



8. ábra. A C III 5696 és C IV 5808 vonalak a HD 16532 csillagnál. (WC 6)

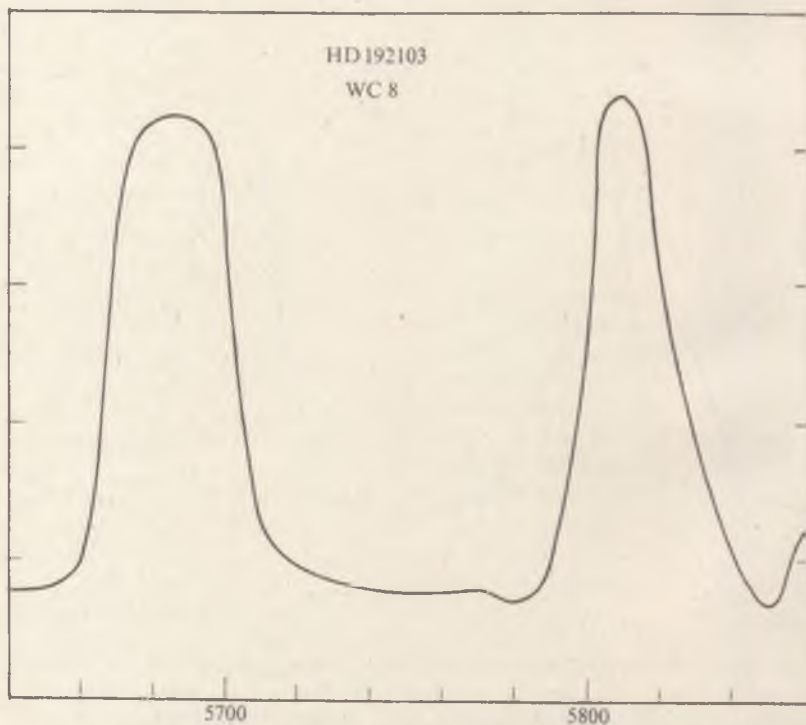
WC 6 Itt az 5696 és 5812 Å-nál levő vonalak intenzitásainak aránya 0.3, míg az 5696 vonalnak egy másik — az 5592 Å-nál levő vonallal — való intenzitásaránya 1.2 kell legyen. A kritériumokhoz tartozik még, hogy a $\lambda 4267$ vonal ne látszódjon, és négy másik vonal pedig ne legyen felhasadva. ($\lambda 4650$ $\lambda 4686$, $\lambda 5812$ és $\lambda 5875$). Lényeges, hogy az emissziós vonalak átlagos szélessége 70 Å. Ide tartoznak például a HD 16532 és HD 165763 csillagok.

WC 7 Ide tartozik a HD 192103, a HD 192641 és a HD 119078. Itt a következő intenzitásarányoknak kell teljesülni: $\lambda 5696/\lambda 5812 = 0,7$ $\lambda 5696/\lambda 5592 = 8,0$, $\lambda 5875/\lambda 5411 = 1,5$, $\lambda 4650/\lambda 4686 = 4,0$, $\lambda 4267/\lambda 4786 = 1,0$, továbbá a $\lambda 4650$ és a $\lambda 4686$ vonalak itt már éppen fel vannak hasadva. Ennél a típusnál az emissziós vonalak már átlagosan csak 35 Å szélesek.



9. ábra. A CIII 5696 és CIV 5808 vonalak a HD 192641 csillagnál. (WC 7)

- WC 8* E szinképtípus jellegzetes képviselői a HD 184738, a HD 192103 és a HD 164 270. A meghatározó intenzitásarányok: $\lambda 5696/\lambda 5812 = 3,0$; $\lambda 5875/\lambda 5411 = 5,0$; $\lambda 4650/\lambda 4686 = 9,0$, végül pedig $\lambda 4267/\lambda 4786 = 2,0$. Itt az emissziós vonalak átlagos szélessége csupán 10\AA . A 8—10. ábrákon megfigyelhető a CIII 5696 és a CIV 5808 vonalak intenzitásarányának változása a spektráltípus függvényében.
- WN 5* A *WN* sorozat első tagjának jellegzetes képviselői például a HD 187282 és a HD 21156. Itt a 4605 és 4622 \AA közötti vonalaknak a 4686 \AA -nál levő vonalra vonatkoztatott intenzitásaránya 0,2 a $\lambda 5875/\lambda 5411$ arány pedig 0,1. A $\lambda 4945$ -ös vonal látható.
- WN 6* Ebbe a szinképtípusba tartozó csillagok a HD 191 765 és a HD 192163. Itt a $\lambda 4600$ és a $\lambda 4660$ sávok erősek, a $\lambda 4938$ látható és a $\lambda 5875/\lambda 5411$ aránya 0,5.



10. ábra. A CIII 5696 és CIV 5808 vonalak a HD 192103 csillagnál. (*WC 8*)

WN 8 A meghatározó intenzitásarányok a következők: $\lambda 4640/\lambda 4686 = 1,5$ és a $\lambda 5875/\lambda 5411 = 5,0$. Ide tartozik a HD 177 230 és a HD 965 48.

A *WN* csillagok esetében nem figyelhető meg a *WC* sorozathoz hasonló kapcsolat a spektráltípus és a jellemző vonalszélesség között. Mindenesetre itt is előfordulnak viszonylag keskeny ill. széles emissziós vonalú csillagok, de a spektráltípustól függetlenül. Ennek alapján a *WN—A* és *WN—B* alcsoportok állíthatók fel. Hamarosan kiderült azonban, hogy a *WN — A—* azaz a relative keskeny emissziós vonalú *WN* csillagok többnyire:

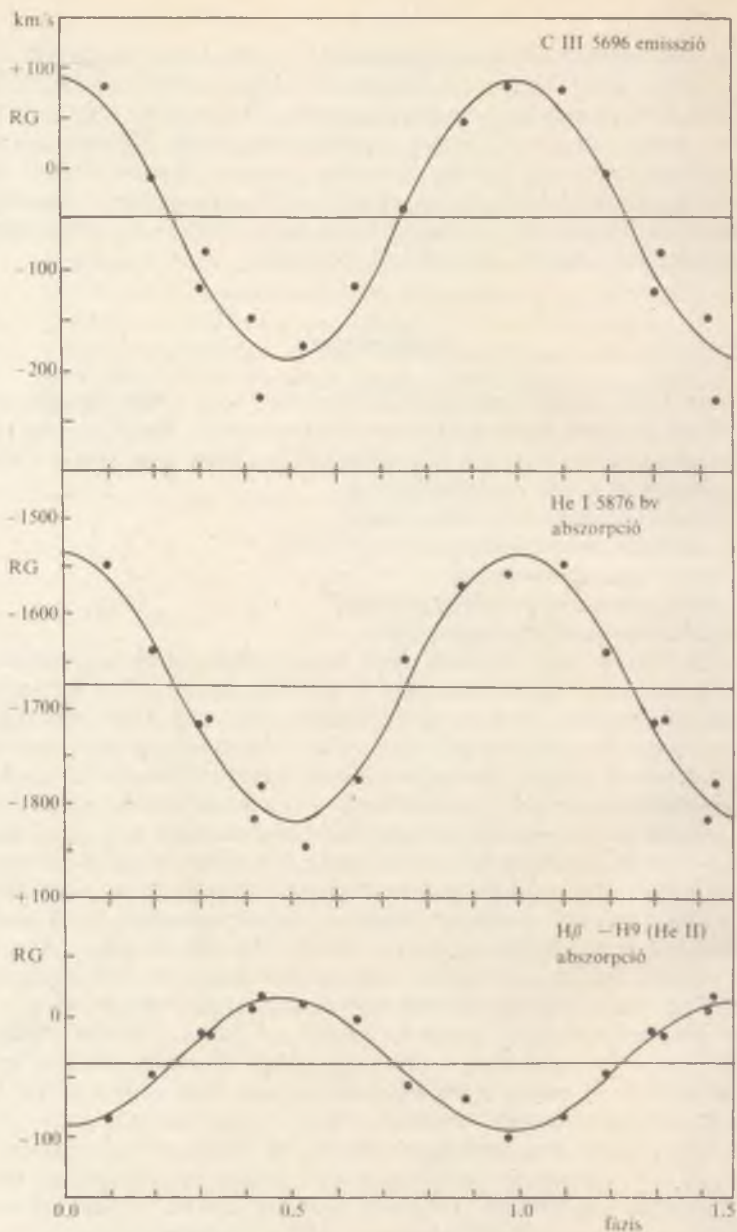
kettőscsillagok.

Bizonyos jelek alapján már régóta feltételezték, hogy a *WR* csillagok többsége kettős, sőt egyes csillagászok szerint valamennyi az. Vizsgáljuk meg közelebbről ezt a kérdést! Hogy egy *WR* csillagról kimutassuk hogy kettős, a következő lehetőségek állnak rendelkezésünkre:

1. vizuális felfedezés (két csillag látszik),
2. a radikális sebesség megváltozásai,
3. fedési kettős fényváltozás,
4. másik csillag spektrumának jelenléte,
5. kicsi az emisszió/kontinuum arány.

A *WR* csillagok nagy távolsága miatt az első módszer nem használható. A második módszerrel akkor mutatható ki kettősség, ha a radiális sebességváltozások elég nagyok. De ha a kísérő nagyon kicsi, vagy közel merőlegesen nézünk a pályasíkra, akkor ezzel a módszerrel is észrevétlen marad a kettősség. Hogy a kettősség fedéssel kimutatható legyen, ahhoz a Földnek a pályasíkban vagy legalábbis ahhoz igen közel kell lenni — ez a módszer tehát még az előzőnél is szelektívebb. A negyedik módszer akkor alkalmazható, ha a kísérő legfeljebb 1,5—2,0 magnitúdóval halványabb csak a *WR* csillagnál, ellenkező esetben ugyanis a *WR* csillag szinképe teljesen elnyomja a kísérőét. Ezzel a módszerrel megint csak a halvány — azaz kis tömegű — kísérők maradnak észrevétlenek. A gyakorlatban igen jól használható az ötödik lehetőség, de ehhez hozzá kell tenni, hogy ez már eleve feltételezi, hogy vannak magányos *WR* csillagok is, továbbá azt, hogy az egészen halvány kísérők még így sem mutathatók ki.

Egy 1968-ból származó statisztika szerint az ismert 127 *WR* csillagból (56 *WC*; 62 *WN*; 9 átmeneti) 6 volt fedési kettős, 38 spektroszkópiai kettős és még további 20 mutatótt fényességváltozásokat. Ezek szerint a *WR* csillagok kb. 50%-a tekinthető kettősnek. Ebben önmagában még semmi rendkívüli sincs, hiszen mai ismereteink szerint az összes csillag közel 50%-a kettős. A *WR* csillagoknak azonban jelentős része igen halvány, így kettős voltuk nehezen bizonyítható. Tekintsük azonban csak a 9^m5 -nél fényesebbeket! Ilyen 33 marad. Ebből 5 fedési, 5 radiális sebességváltozásokat mutat, 11-nek összetett a szinképe, és 8 esetben változik az emissziós vonalak/kon-



11. ábra. Radiális sebességgörbék a HD 152270 (WC 6-7 + 05) csillagról. A fent látható emissziós vonal fázisban van a közepén látható abszorpciós vonallal (tehát ugyanattól a csillagtól származnak), míg az alsó görbén ábrázolt és kék eltolódást nem szenvedett Balmer vonalak radiális sebességváltozása ellentétes fázisú — (tehát ezek a másik csillagról származnak). (Seggewiss nyomán.)

tinuum arány. Összesen tehát a 33-ból 29 biztos hogy kettős. Ha arra gondolunk, hogy a fenti módszerek egyikével sem mutatható ki halvány kísérő — nem látszik valószínűtlennek az a feltevés, hogy minden *WR* csillag kettős.

A radiális sebesség változásaiból megállapítható az is, hogy az emissziós vonalakkal együtt a kék oldali kísérő abszorpciós vonalak is a *WR* csillag légkörében keletkeznek és nem a kísérő csillagon (lásd a 11. ábrát).

Az a tény, hogy a *WR* csillagok között sok a kettős, sőt fedésiek is vannak — lehetővé teszi, hogy különféle állapothatározókat nagy pontossággal meghatározzuk. Ezek közül az egyik legfontosabb a

WR csillagok tömege

Mindenesetre itt a helyzet azért nem olyan egyszerű, mint első pillanatban gondolhatnánk. A különböző emissziós vonalaknak a radiális sebesség megváltozása következtében létrejövő mozgása alapján ugyanis különféle értékeket kapunk ugyanazon csillag tömegére. Erre a jelenségre teljesen kielégítő magyarázat még nem ismeretes. A fentiek figyelembevételével a különböző *WR* csillagokra kapott mérési eredmények szerint a *WR* csillagok tömege 10—15 M_{\odot} körül van. Az mindenesetre megállapítható, hogy tömegükhöz képest a

WR csillagok fényessége

túlságosan nagy. Ez azt jelenti, hogy ilyen tömegű közönséges csillag lényegesen halványabb lenne. (A *WR* csillagok kb. $20\times$ olyan fényesek, mint az tömegük alapján várható volna.) A *WR* csillagok abszolút fényességét egyébként azért nehéz meghatározni, mert az egyes különálló *WR* csillagok távolságát nem ismerjük kellő pontossággal. Erre a távolságra csak az interstelláris abszorpciós vonalokból tudunk következtetni, ezért az így nyert adatok legfőlegbb statisztikus értékűek. Szerencsére az ismert távolságra levő *Nagy Magellán Felhőben* elég sok *WR* csillag van. Az ezek segítségével meghatározott fényességtételek:

$$M_v(WR) = -4,5 \pm 0,5$$

— ezek szerint fényességük hasonló az *O* csillagokéhoz.

A WR csillagok méretviszonyai

legjobban a fedési kettősök segítségével határozhatók meg. Az egyik leg-
alaposabban átészlelt ilyen csillag a $V 444$ *Cyg*. Itt magának a csillagnak a
sugarára $2R_{\odot}$ adódott. A többi fedési kettősre elvégzett mérés ehhez hasonló
eredményre vezetett. A spektrumban fellépő széles emissziós vonalak azonban
nem a csillag felszínén keletkeznek. Ezeknek a vonalaknak, illetve sávoknak
keletkezési helye

a csillag körüli gázfelhő.

Ennek különböző héjai különböző vonalakat adnak. Fedési kettősöknél
ezeknek a különböző héjaknak a méretei is meghatározhatók. A $V 444$ *Cyg*
esetében például a $H\epsilon$ II héj sugara $16,9 R_{\odot}$ míg a $N V$ héjé $31 R_{\odot}$. A mérések
szerint ez a csillag körüli gázfelhő minden WR csillag esetében nagy sebességgel
tágul. Az átlagos expanziós sebesség 1200 km/s, ezen belül WC csil-
lagoknál nagyobb mint a WN csillagok esetében, de mindkét spektráltípus-
nál az alacsonyabb hőmérsékletű csillagoknál a nagyobb. Mivel a WR csil-
lagoknál (a csillag felszínétől olyan távolságra ahol a táguló gázfelhő van)
átlagosan 600 km/sec a szökési sebesség — ezért ezek a táguló gömbhéjak
végre elhagyják a csillagot. Több csillagon végzett számítások szerint az
így keletkező

tömegvesztés

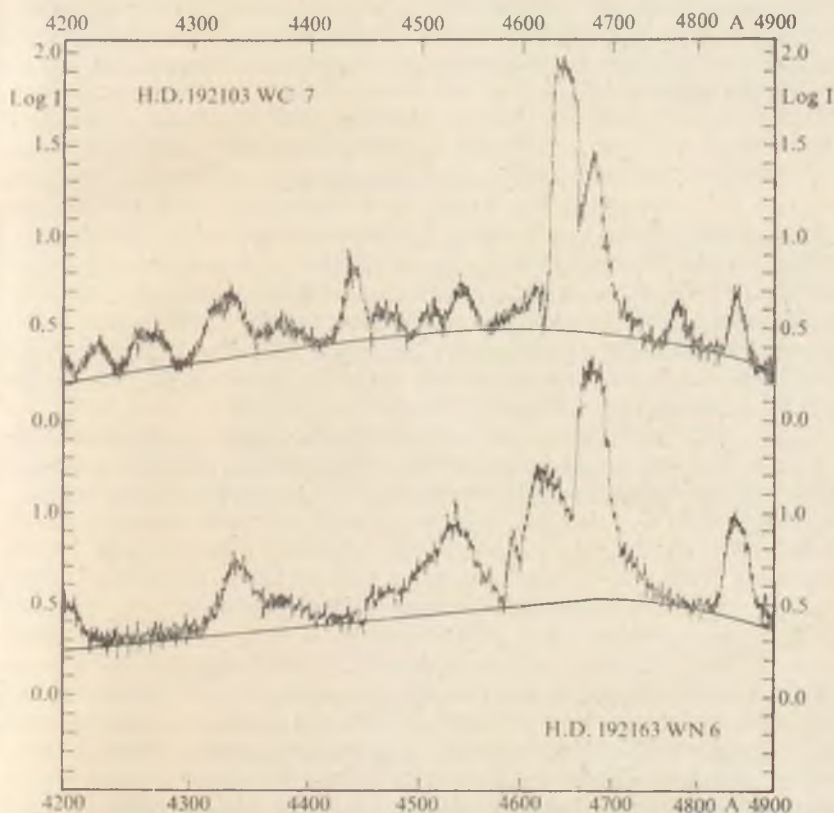
átlagos értéke $3,5 \times 10^{-4} M_{\odot}/\text{év}$. Így tehát 100 WR csillag 10^6 év alatt kb.
 $3000 M_{\odot}$ tömeget juttat az interstelláris térbe. Ez a mennyiség az interstel-
láris tér tömegéhez képest csekély. Hasznos volna tudni a kidobódó anyag
kémiai összetételét, ez azonban jelenleg kellő pontossággal még nem becsül-
hető meg. Egyelőre a nagy sebességű anyagkidobódás oka sem ismeretes.
A legnagyobb expanziós sebességet egyébként a $HD 193793$ $WC 6$ spektrál-
típusú csillagnál mérték: 2500 km/sec-t. A jellemző érték azonban csak
 1000 — 1500 km/sec.

A táguló gáztömeg sűrűsége

10^{12} [g/cm³] nagyságrendű, mivel 10^{14} g/cm³ sűrűség esetén az ionizált hélium
vonalainál *Stark kiszélesedésnek* kellene fellépni, míg 10^{10} g/cm³ sűrűség
esetén pedig megjelenének a *tiltott vonalak*.

Hőmérséklet

A *WR* csillagokat a legforróbb csillagoknak tekintik. Mindenesetre a hőmérséklet fogalmával itt óvatosan kell bánni, mivel ezen csillagok hullámhossz szerinti intenzitáseloszlása meglehetősen eltér a fekete test sugárzásától. Elvileg jó módszer lenne a színekben fellépő halvány kontinuum sugárzását fekete test sugárzásnak tekintve a csillag hőmérsékletét meghatározni. A baj csak ott van, hogy rengeteg sok emissziós vonal rakódik rá a kontinuumra, ezért igen nehéz meghatározni a kontinuum valódi magasságát (l. a 12. ábrát). A legkézenfekvőbb hőmérsékletmeghatározó módszer a *WR* csillagok esetén a színekvonalak alakjából meghatározható ún. *elektronhőmérséklet*. Ennek értéke csillagról csillagra változik, de általában a közönséges csillagokra kapott értékeknél jóval magasabb: 30 000—50 000 °K.



12. ábra. A sűrűn egymás mellett lévő emissziós vonalak miatt nehéz meghatározni a kontinuum magasságát.

A WR csillagok térbeli eloszlása

A *WR* csillagok kb. fele *H II* területek közelében található, kb. 1/3-a pedig nyílthalmazok közelében. Látható tehát, hogy nagyon fiatal objektumok. Ez nagyon lényeges tulajdonságuk, mivel ez különbözteti meg őket a planetáris ködök középponti csillagaitól. Ezek színeke ugyanis nagyon hasonlít a *WR* csillagok színekéhez, de mégis teljesen külön csoportot alkotnak, mivel a *WR* csillagok mind extrém I. populációsak, míg a planetáris ködök középponti csillagai az I. és II. populáció közötti átmenetet képező korongpopulációhoz tartoznak. A *WR* csillagok igen közel vannak a Tejútrendszer fősíkjához. Ezt jól szemlélteti, hogy 127 *WR* csillag közül 122-re igaz, hogy $|b| < 5^\circ$. Az összes *WR* csillagoknak a Tejútrendszer fősíkjától való átlagos távolsága $|z| = 137$ pc. Ez megegyezik az interstelláris por és gáz hasonló adatával, de kétszerese az *O—B2* csillagokból álló fiatal nyílthalmazok átlagos $|z|$ értékének. Ha a *WR* csillagok galaktikus hosszúság szerinti eloszlását vizsgáljuk, megállapíthatjuk, hogy kirajzolják ugyan a spirális szerkezetet, de nem olyan jól, mint az *O* és *B* csillagok.

WR csillagok extragalaxisokban

A Nagy Magellán Felhőben (LMC) 58 *WR* csillagot találtak, a Kis Magellán Felhőben (SMC) 2-t. A *WC/WN* arány az LMC-ben 1 : 7 míg a Tejútrendszerben 1 : 1. A *WR* csillagoknak az összes csillagra vonatkozó aránya a Tejútrendszerben és az SMC-ben megegyezik, míg az LMC-ben kb. $10 \times$ nagyobb. A távolabbi extragalaxisok közül az *M 33*-ban ismerünk 25 valószínű *WR* csillagot. A Tejútrendszerhez hasonlóan az *M 33*-beli *WR* csillagok is a spirálkarokban találhatóak.

Hogy a *WR* csillagok számos különleges sajátossággal rendelkeznek, azt a korábbi fejezetek bővebben illusztrálták. Az elméleti asztrofizika feladata, hogy ezeket a tulajdonságokat értelmezze. Viszonylag egyszerűen magyarázható a

széles emissziós sávok keletkezése.

Ezek úgy keletkeznek, hogy a csillagot körülvevő nagy méretű táguló gázburok meghatározott hullámhosszakon emittál. A gázburoknak az a része, amelyik a csillag tulsó oldalán van, tőlünk távolodik. Az innen érkező fény *vörös eltolódást* szenved — kialakul az emissziós sáv *vörös oldala*. A gáztömeg látóirányra merőlegesen táguló részei adják az emissziós vonal közepe, végül a felénk eső részen a táguló gáztömeg közeledik hozzánk, — *kék eltolódást* szenved az innen érkező fény. A felsorolt három eset között az

átmenet folytonos — ezért látunk az eredeti emissziós vonal helyén egy, a vörös és kék irányba egyaránt kiszélesedett emissziós sávot. Nyilván azok a gáztömegek közelednek hozzánk a legjobban, amelyeken keresztül magát a csillagot látjuk. Így az itt létrejövő abszorpciós vonalak még egy kicsit jobban el vannak tolódva a kék felé, azaz az emissziós vonalak kék oldali abszorpciós kísérői lesznek. Ezeknek az emissziós vonal közepétől való eltolódása a gázburok tágulási sebességét adja.

A WR csillagok kialakulása

Ha elméletileg értelmezni akarjuk a *WR* csillagokat, számos tulajdonságot kell megmagyaráznunk. Először is valószínűleg minden *WR* csillag kettős. Tömegük általában $10\text{--}15 M_{\odot}$, míg kísérőjük többnyire egy még nagyobb tömegű fényes *O* vagy *B* csillag. Maguk a *WR* csillagok is igen fényesek a tömegükhöz képest, és a hőmérsékletük is igen magas. Ezek, és egyéb megfigyelési tények alapján joggal feltételezhető, hogy a *WR* csillagok héliumban rendkívül gazdagok. (A héliumcsillagok ugyanis egy külön főágat alkotnak a *HR* diagramon, mely a közönséges csillagokétól a nagyobb fényesség és magasabb hőmérséklet felé van eltolódva.) Térbeli eloszlásuk alapján arra lehet következtetni, hogy nagyon fiatal objektumokról van szó.

Az elméleti asztrofizikából ismeretes, hogy ha két nagy tömegű csillag párt alkotva szorosan egymás körül kering, akkor a nagyobb tömegű — mivel gyorsabban fejlődik — hamarabb kezd el felfúvódni. Ennek során — lévén szoros kettősről szó — külső részei eléri azt a pontot ahol a két csillag gravitációs ereje egyforma nagy. (Égi mechanikai szakkifejezéssel élve: a csillag kitölti az ún. „Roche határát”.) Ezután a további növekedés eredményeként külső rétegeiből anyagátáramlás történik az eredetileg kisebb csillagra, melynek tömege ezáltal jelentősen megnő, elérheti sőt meg is haladhatja az eredetileg nagyobb csillag tömegét.

Valószínűleg ez történik a *WR* csillagok esetében is. A későbbi *WR* csillag először a kettős nagyobbik komponense egy „normális” *O* vagy *B* csillag, $15\text{--}35 M_{\odot}$ tömeggel. Miközben belsejében folyik a $H \rightarrow He$ égés, külső rétegei felfúvódnak, majd kitöltve a „Roche határt”, anyagának egy része „átfolyik” a másik csillagra, mely ezáltal maga válik $10\text{--}30 M_{\odot}$ tömegű fényes *O* vagy *B* csillaggá, az eredeti főcsillag pedig héliumgazdag $10 M_{\odot}$ tömegű *WR* csillagként marad hátra, mivel az anyagvesztés a külső, eredeti összetételű — azaz hidrogénben gazdag — rétegekből történt, míg a hátramaradó középső rétegekben a $H \rightarrow He$ magreakció következtében már feldőlt a hélium. Így érthetővé válik a *WR* csillagok szokatlanul nagy hőmérséklete és fényessége. A számítások szerint egy proto-*WR* csillagnak $4\text{--}10$ millió évre van szüksége ahhoz, hogy a fenti folyamat végbemenjen. Ez összhangban van azzal a megfigyelési ténnyel, hogy a *WR* csillagok, bár igen fia-

talok, mégsem tartoznak a Tejútrendszer legfiatalabb objektumai közé, és megmagyarázza, hogy az Orionhoz hasonló legfiatalabb csillagtársulásokban miért nincsenek *WR* csillagok. A *WR* csillagok főbb tulajdonságait magyarázó és a fentiekben vázolt elméletet részletesen kidolgozták és matematikailag is alá van támasztva. Ennek ellenére a *WR* csillagok értelmezése körül még számos nyitott problémát találhatunk. A két legfontosabb probléma az, hogy a *WR* csillagokról történő nagy sebességű anyagkidobódás tulajdonképpen oka nem ismeretes, és bár nagy valószínűséggel állíthatjuk, hogy minden *WR* csillag kettős, ismeretes néhány olyan *WR* csillag is, melyek minden látszat szerint nem rendelkeznek kísérővel.

Elmondhatjuk tehát, hogy a *WR* csillagok még ma is — több mint száz évvel felfedezésük után — a legrejtélyesebb égi objektumok közé tartoznak, és várható, hogy a közeli évek, évtizedek jelentős fejlődést hoznak megismerésük terén.

A BELSŐ BOLYGÓK VILÁGA

(az összehasonlító planetológia eddigi eredményei)

Napjaink egyre gyakoribb külföldi utazgatásai, modern kalandozásai során szerzett kollektív tapasztalat, hogy saját hazát és népet jobban megismerni éppen a világlátás segít. Aki még sohasem mozdult ki az országból, annak nem lehet igaz képe arról, hogy miben értékes vagy miben elmaradott saját nemzete; mi az általános európai illetve speciális nemzeti jelleg környezetében. Tudományos vizsgálat történelemben, nyelvtudományban, a társadalmi élet bármely területén elképzelhetetlen rokon vagy szomszéd kultúrák sokoldalú összehasonlítása nélkül.

A Föld, mint bolygó, tulajdonképpen a Naprendszer egyik „nemzete”. Fejlődése kétségkívül egyedi utat jelent a bolygórendszerben, más, mint a többi égitesté. Mind ez ideig azonban nem volt arra lehetőség, hogy ezt az utat összehasonlítsuk más rokon vagy szomszéd égitestekével, mert hiányoztak róluk a szükséges ismeretek. Csak az elmúlt évtized hozta meg a „kalandozások korát” a Naprendszerben, egyelőre áttekinthetetlen formában ömlesztve az űrszondák, bolygóközi űrrakéták által közvetített tömérdek adatot és információt a Holdról, Merkurról, Vénuszról, Marsról és Jupiterről. Ez az a pillanat, amikor megszűnt a földtudományok (geológia, geofizika, geokémia, meteorológia stb.) egyetlen égitestre korlátozódó, izolált helyzete, kezdetét vette a bolygók kialakulásának és fejlődésének összehasonlító vizsgálata légkör, felszín és belső szerkezet szempontjából egyaránt. A következő három tanulmányban a Földhöz leginkább hasonló 4 égitest, a Hold, Vénusz, Mars és Merkur szerkezetére (gravitációs terére), légkörére illetve magnetoszférájára vonatkozó, legújabb ismeretek áttekintését találja az olvasó, első kísérletként — legalábbis magyar nyelven — egy összehasonlító planetológia alapjainak tisztázására. A cél természetesen az, hogy minél közelebb jussunk Földünk megfelelő folyamatainak megértéséhez. Az adatok nyilván hiányosak még és kevés a végleges, leszűrt eredmény, de a korábbi helyzethez képest óriási a fejlődés. Ma már van mivel összehasonlítani a földtudományok megállapításait, van megalapozott hitele a „Hold-tudomány”, „Vénusz-tudomány”, „Merkur-tudomány”, „Mars-tudomány” megfigyeléseinek és megállapításainak. Ilyen „tudományok” valójában nincsenek, csupán egy-egy szaktudomány hatókörének kiterjesztéséről van szó más égitestekre. Ez a kiterjesztés gyökeres, minőségi gazdagodást jelent az eddig csak a Föld egyedi esetével foglalkozó földtudományok számára! Ég és Föld, csillagászat és földtudomány egyre inkább egyetlen, összefüggő egészet képez.

Almár Iván

A FÖLD-TÍPUSÚ BOLYGÓK LÉGKÖRE

A kutatók a természettudomány fotolaboratóriumában évszázadok óta igyekeznek előhívni egy képet a körülöttünk levő világról, azonban ez a kép gyengén megvilágítottnak bizonyul. A különböző rész tudományoknak már sikerült több részletét láthatóvá „lehelni”, de a teljes kép csak ezekben az években válik láthatóvá, ritka esztétikai élvezetet okozva azoknak a szerencsés kutatóknak, akik éppen most nézhetik a gyenge fényben kibontakozó csodálatos panorámaképet.

Ennek a Földet mint egészet, a Naprendszer mint egészet és az Univerzumot mint egészet láttató panorámaképnek a Föld-típusú bolygók légkörét bemutató részét szeretnénk most ismertetni előre bocsátva, hogy a teljes kép nem mindenütt „hívódott” még elő. Lehet, hogy bizonyos részletek a „teljes előhívódás” után másnak mutatkoznak, mint amilyeneknek most sejtjük, nem csak az értelmezést, hanem a pontosság növekedésével a méréseket illetően is, de reméljük, hogy e bizonytalansáért kárpótlást nyújt az az igazság, amivel a vérbeli fotós az előhíváskor kibontakozó képet várja.

A bolygólégkörök kialakulása és fejlődése

Elég egyértelműen elfogadott napjainkban az az elmélet, amely szerint az Univerzumban az ősrobbanást követő időkben a robbanás utáni, egyenletes sűrűségű és homogén anyageloszlású felhők összehúzódásából álltak elő az általunk most megfigyelhető égitestek. Héliummal, oxigénnel, szénnel, nitrogénnel és kevés fémmel szennyezett hidrogénfelhőből kezdett formálódni a Naprendszer körülbelül 6 milliárd évvel ezelőtt. A gravitációs összehúzódás közben kinnmaradt és legnagyobb perdületet hordozó anyagrétegekből formálódtak a bolygók: eredeti atomi összetételük megegyezett a Napéval. Az óriás bolygók (a Jupiter, a Szaturnusz, az Uránusz és a Neptunusz) ma is főleg hidrogénből és héliumból állnak. A többi bolygónál azonban nem maradt meg ez az eredeti atomi összetétel.

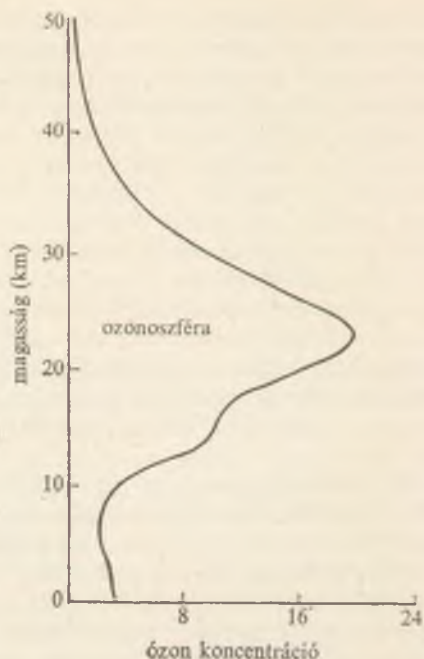
A belső bolygók a Nap közelsége miatt a rendkívül könnyű hidrogénből

csak keveset tudtak magukhoz szippantani, inkább a galaktikus porszemek, *kondritok*, *meteoritok* és egyéb törmelékek szolgáltak a belső bolygók anyagául. A mégis megszerzett hidrogén és hélium a Nap sugárzásának elnyelődése következtében szerzett energia eredményeként kiszabadult a bolygó nehézségi erőteréből. A Nap melegén kívül a bolygók belsejében a radioaktív bomlás következtében keletkező hő is hozzájárult ahhoz, hogy a szilárd részecskékből összeálló bolygó anyaga megolvadjon. A felszabadult illó vegyületek létrehozták a Föld-típusú bolygók primordiális légkörét, a nem illó fémek és vegyületeik — nyilván molekulasúlyuk szerint rétegeződve — a bolygók testét, amely a későbbi lehűlés következtében fokozatosan szilárd kérgűvé vált. A bolygók légkörük megtartásáért állandó harcot vívnak a Nappal; egy bolygó légköre e harc pillanatnyi állapotát tükrözi — mit sikerült visszatartani a múltból, és mi adódik hozzá abban a pillanatban a szilárd kéreg állandó, további gázvesztése révén. Ily módon minden bolygó légköre fejlődés eredménye, állandóan változó és megváltoztatható, nem eleve adott és statikus, mint eddig hittük.

A Merkurnál a Nap közelsége olyan magas hőmérsékletet hozott, és hoz létre, hogy a kis tömegű bolygó nyilván sokkal nagyobb mértékben elvesztette illó anyagát, gázvesztése sokkal nagyobb fokú, mint a többi bolygóé. A felszabaduló illó vegyületek legnagyobb része azonnal megszökik: a Merkurnak gyakorlatilag nincs légköre.

A nagyobb tömegű Vénusz a könnyű hélium és hidrogén kivételével vissza tudta tartani az illékony elemeket, légköre vastag, csaknem tiszta széndioxid tartalmú légkör. A közeli Nap sugárzása és a CO_2 légkör üvegházhatása miatt igen magas felszíni hőmérséklet és nyomás alakult ki.

Az ős-Föld légköre is nyilván nagy CO_2 tartalmú légkör volt. A szerencsés naptávolság miatt azonban a hőmérsékleti határok tartósan lehetővé tették a folyékony víz jelenlétét, és ezzel az élet kialakulását. A növényi élet egyik melléktermékeként felszabaduló oxigén fokozatosan olyan mértékben „beszennyezte” a légkört, hogy ózon-pajzs jöhetett létre, amely azóta is állandóan és folyamatosan újratermelődik (13. ábra). Ez az ózon-pajzs a továbbiakban a többi bolygótól lényegesen eltérő fejlődési irányt szabott a földi légkörnek. A vízgőz legnagyobb része ugyanis csak bizonyos magasságig jut fel a légkörbe, a magassággal csökkenő hőmérséklet miatt hamarosan kifagy és visszahull a Föld felszínére. Az oxigén, miközben O_3 -má alakul, elnyeli a Nap kemény ultraibolya sugarait, megakadályozva ezzel, hogy azok lejussanak a felszín közelébe, ahol a vízgőz túlnyomó része található. Ezért a légkörbe került H_2O legnagyobb része nem szenved fotodisszociációt, a szabadbá válnak hidrogén a gravitációs szeparáció következtében nem kerül a felsőlégkörbe, és nem szökik meg. A Föld tehát H_2O formájában nagy mennyiségű hidrogént tud megtartani. Az ózon réteg tehát kétszeresen védi az életet: egyrészt a halálos ultraibolya sugarakat nem engedi lejutni, másrészt az élet számára elengedhetetlenül fontos vizet megtartja.



13. ábra. A földi atmoszférában az ózon koncentrációja a magasság függvényében.

A növényi élet másik mellékterméke az, hogy a CO_2 mészkő formájában kőzetekbe kötődött. Ezzel fokozatosan csökkent a kezdetben nyilván a Földnél is lényeges szerepet játszó, még ma is meglévő üvegházhatás. Az élet így módon fokozatosan teljesen átalakította a Föld légkörét: széndioxidját eltüntette, ezzel felszíni hőmérsékletét fokozatosan csökkentette, és oxigénné bedúsította.

A Mars messzebbre került a Naptól, ott nem játszódhatott le ugyanaz, ami a Földön. A felszíni hőmérséklet legtöbbször a fagyponthoz alacsonyabb, a víz vagy a talajba fagyva található, vagy ami felolvad, illetve szublimál, azt az ultraibolya sugárzás folyamatosan disszociálja: a H_2 nagyrésze megszökik, az O szennyezőként visszamarad a csaknem tiszta széndioxid tartalmú légkörben.

A Föld-típusú bolygók légkörének szerkezete és hőháztartása

Egy bolygó körül kialakuló légkör tömege elenyésző része a bolygó tömegének (a Föld esetében 0,010%). Szerkezetét a bolygó gravitációs és mágneses erőtere, a környező perturbáló tömegek gravitációs és mágneses erőtere, valamint a légkört alkotó részecskék fajtája és hőmérséklete határozza meg.

A részecskék eloszlása és mozgása

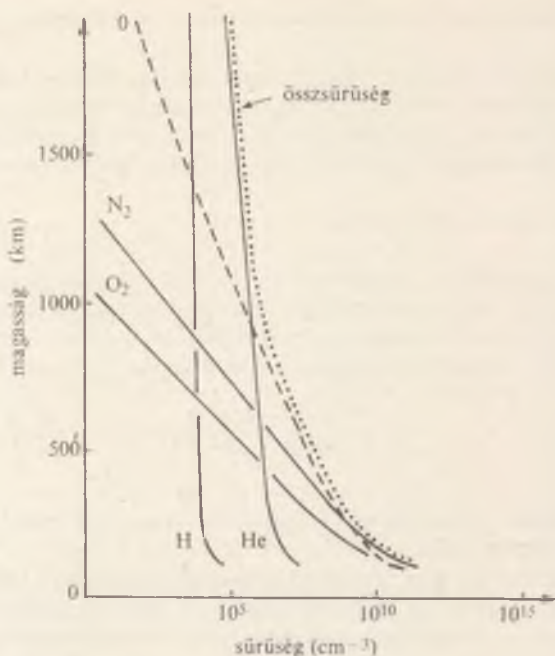
A bolygó gravitációs erőtere első közelítésben centrálisnak tekinthető. Ilyen erőterben a légkör részecskéinek eloszlását a magassággal a jól ismert *barometrikus magasságformula* adja meg, amely szerint, ha ρ_0 a sűrűség egy h_0 magasságban, akkor Δh -val feljebb a ρ sűrűség,

$$\rho = \rho_0 e^{-\frac{(h_0 + \Delta h)}{H}}$$

ahol H a skálamagasság, és azt a függőleges távolságot jelenti, amelyen a sűrűség e -ed részére csökken.

Amíg a sűrűség elég nagy, a részecskék gyakran ütköznek; a többféle összetevőt tartalmazó légkör jól keveredik, homogén, H a magasságtól független. A légkörnek ezt a rétegét *turboszférának*, vagy *homoszférának* nevezik.





14. ábra. A földi atmoszféra különböző összetevőinek koncentrációja a magasság függvényében.

Amikor a sűrűség annyira lecsökken, hogy a részecskék ütközése olyan ritka lesz, hogy szabad úthosszuk meghaladja a H -t, a gravitációs tér hatása alatt hosszú ballisztikus pályákon mozognak. Ezt a réteget a légkörnek *heteroszférának* nevezzük. Az átmeneti réteg neve *homopauza*. Ha a részecskék sebessége eléri a bolygó szökési sebességét, akkor elhagyják a légkört, és az interplanetáris tér anyagát gazdagítják. Ha sebességük nem elég a megszökéshez, visszaesnek az atmoszféra mélyebb rétegei felé mindaddig, míg egy újabb ütközés meg nem változtatja pályájukat.

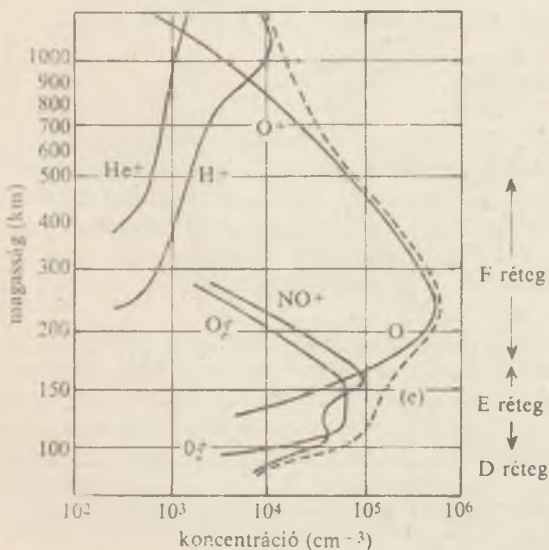
A heteroszférában tehát már a keveredés nem hat, a gravitációs tér a légkör összetevőit molekulásúlyuk szerint rendezi (innen az elnevezés is): a nehezebb molekulásúlyú elemek sűrűsége gyorsabban csökken a magassággal (14. ábra),

ugyanis $H = \frac{kT}{mg}$ (k a Boltzmann állandó, T a hőmérséklet, m a molekulásúly,

g a helyi gravitációs gyorsulás). Ilyen módon bizonyos magasságon olyan összetevők is dominálóvá válhatnak, amelyek a bolygó felszínén elhanyagolható mennyiségben találhatóak, vagy teljesen hiányoznak, mint például a

hélium és a hidrogén. Gondoljuk meg, hogy például a nitrogén molekula durván kétszer akkora tömegű, mint az oxigén atom. Ezért N_2 fele akkora távolságon csökken ugyanannyi részére, mint az O . Tehát ha az N_2 70 km-en 10-ed részére csökken, akkor az atomi oxigén 140 km-en csökken 10-ed részére. De az N_2 140 km-en már csak 100-ad résznyi. Így az atomi oxigén hamar dominálóvá válik az N_2 -höz képest. Hasonló módon válik dominálóvá a hélium, majd a hidrogén. Ez utóbbi alkotja a Föld-típusú bolygók légkörének legkülső rétegét, az úgynevezett *hidrogén koronát*.

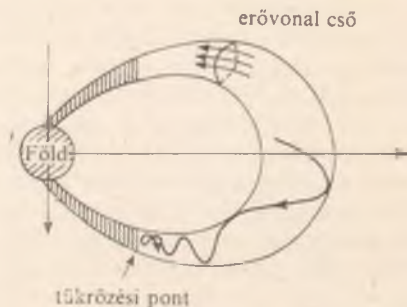
Amennyiben a bolygónak van mágneses tere is, akkor a légkör ionizált részecskéi nem ballisztikus pályán mozognak, hanem a mágneses tér által engedélyezett pályán: az erővonalakat nem metszhetik, sebességük és a mágneses tér erőssége által meghatározott spirális pályán körözhetnek a mágneses erővonal körül mindaddig, amíg erről a pályáról egy másik részecskével való ütközés ki nem löki őket. A homoszférában és a heteroszféra alsó részén még elég gyakran jön létre ütközés, ezért az ott keletkezett ionok és elektronok nem túl hosszú utakat futnak be keletkezésük helyétől. Ez az ú. n. *ionoszféra* addig marad fenn, amíg az ionizáló mechanizmus működik, és makroszkopikusan semleges, hiszen ugyanannyi ion és elektron keletkezik. Attól függően, hogy a légkör melyik összetevőjének ionjai hozzák létre, több különböző ionoszféra réteg létezhet, mint például a Föld esetében a *D*, *E*, *F*, rétegek (15. ábra).



15. ábra. A földi atmoszféra lényegesebb ionjainak koncentrációja a magasság függvényében. A szaggatott vonal az elektronsűrűség, amely azonos az össz-ionosűrűséggel.

A heteroszféra legfelső részén, ahol már nagyon ritkán ütköznek a részecskék, a mágneses tér az ionokat és elektronokat tartósan, a Föld esetében néhány napig is, fogva tarthatja létrehozva a *sugárzási övezeteket*. Az ilyen részecskemozgást dipól térben a 16. ábra szemlélteti, ahol a részecskék egy mágneses erővonal-csőben a két félgömb között cikáznak.

A környező égitestek, amennyiben a bolygóhoz képesti relatív helyzet változik, árapályhullámokat váltanak ki a bolygó légkörében is. A tovaftató árapályhullámot olyan szélként érzékeli a bolygón levő megfigyelő, melynek energiája lassan disszipálódva a légkör fűtéséhez járul hozzá.



16. ábra. Töltött részecskék mozgása a földi mágneses tér hatására.

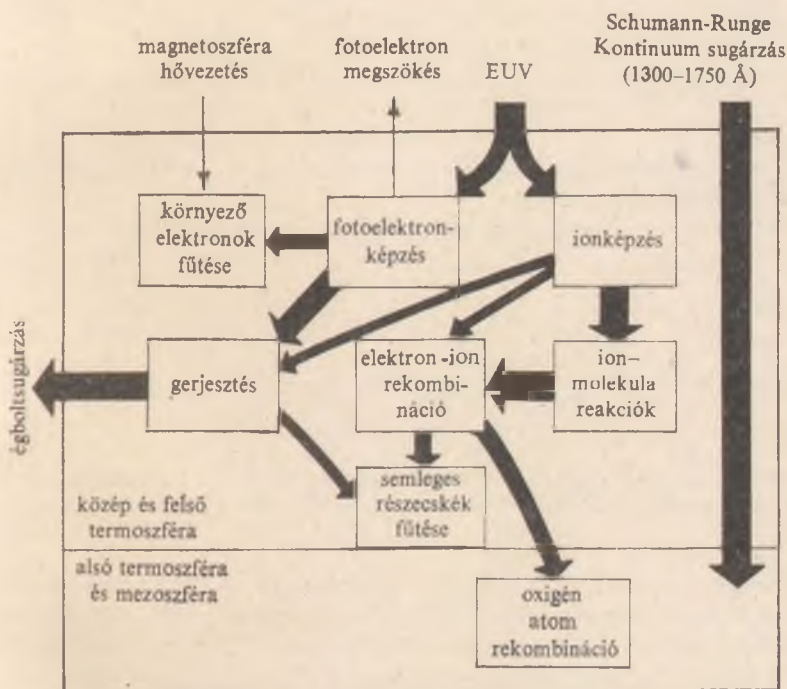
A légkör hőháztartása

A bolygók atmoszférájában a részecskék a hőmozgáshoz szükséges energiát legfőképp a Nap sugárzásából nyerik. A Nap elektromágneses és korpuszkuláris sugárzása által szállított energia a légkörbe különböző módon és különböző mélységekig jut be. A beérkező elektromágneses sugárzás egy része visszaverődik, egy része elnyelődik a légkörben, egy része eléri a felszínt. A Földnél például kb. 37% verődik vissza, 20%-ot nyel el a légkör, és 43% éri el a talajt.

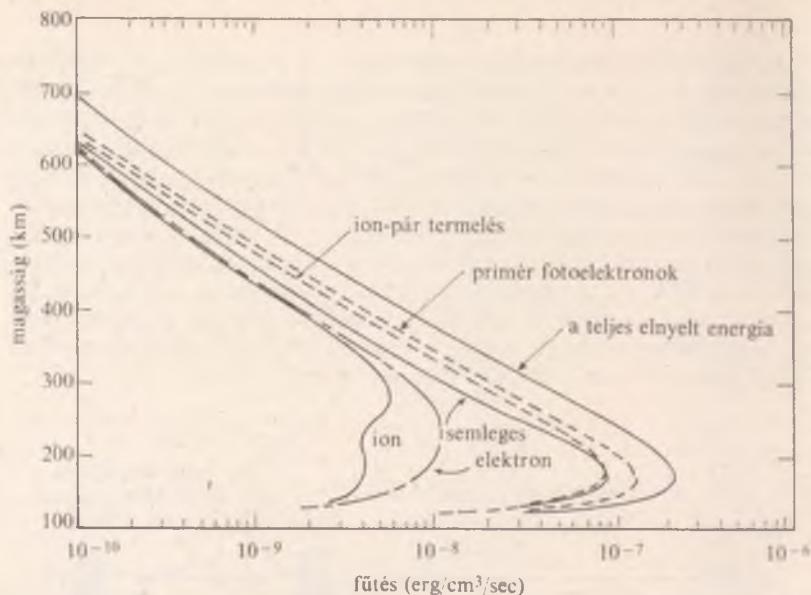
A felszínig lejutó elektromágneses sugárzás felmelegíti a talajt, amely a hő egyik részét a szomszédos légrétegeknek konvekcióval adja át, egy, a magassággal csökkenő hőmérsékleti profilt alakítva ki. Az energia másik részét a talaj az infravörös szintartományban sugározza vissza. Ha ebből a visszavert sugárzásból a légkör valamely összetevője valamilyen hullámhosszú sugárzást elnyel (mint például a CO_2 a $15 \mu\text{-t}$), *üvegházhatás* jön létre. Az ilyen bolygó felszíni hőmérséklete sokkal magasabb lehet, mint az egyensúlyi hőmérséklet.

A légkör az infravörös, a távoli ultraibolya és a röntgensugárzást elnyeli. A 17. a) b) c) ábrán szemléltetjük, hogy az elnyelt energia hány százaléka

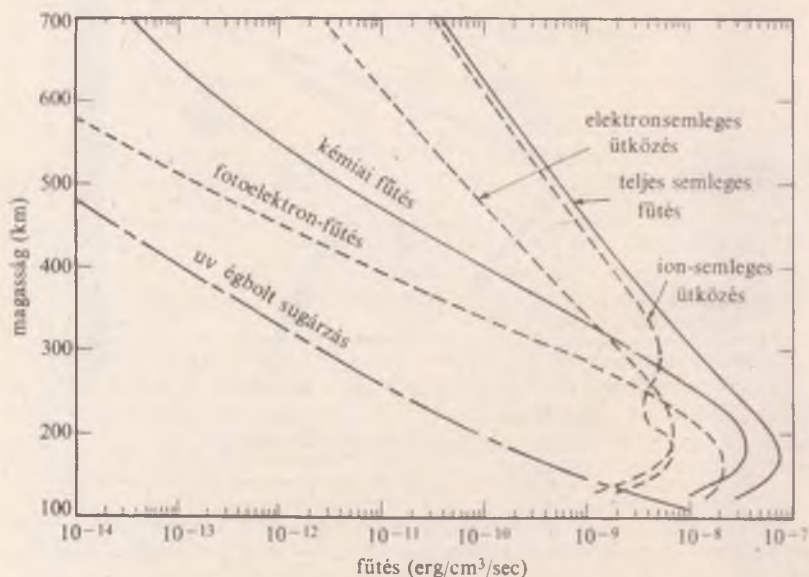
milyen fotokémiai folyamatokon keresztül adódik át a légkörnek. A bejövő $h\nu$ energiájú foton a molekulákat disszociálja, az atomokat gerjeszti vagy ionizálja új semleges és ionizált komponensre hozva létre. Ezek az új részecskék azután további nagyszámú fotokémiai folyamatban vesznek részt, energiát cserélve a többi atommal, molekulával, ionnal, elektronnal és fotonnal, vagy új gerjesztést, új ionizációt, vagy egyszerűen rugalmas ütközést, vagy elektron-ion rekombinációt eredményezve. A fotoelektronok fölös energiája a környező elektronoknak, illetve a rekombinációnál a légkör semleges komponensének adódik át. A gerjesztett atomok alapállapotba jutva sugárzást bocsátanak ki. Ezen sugárzás egy része közvetlenül visszajut az interplanetáris térbe (a Földnél például a bejövő energia 40–50%-a), más része további, az előbb leírt fotokémiai folyamatokban vesz részt.



17/a. ábra. A nyilak vastagsága sematikusan illusztrálja, hogy a Nap extrém ultraibolya sugárzása a különböző fotokémiai folyamatokon keresztül mennyi energiát ad át a légkörnek.



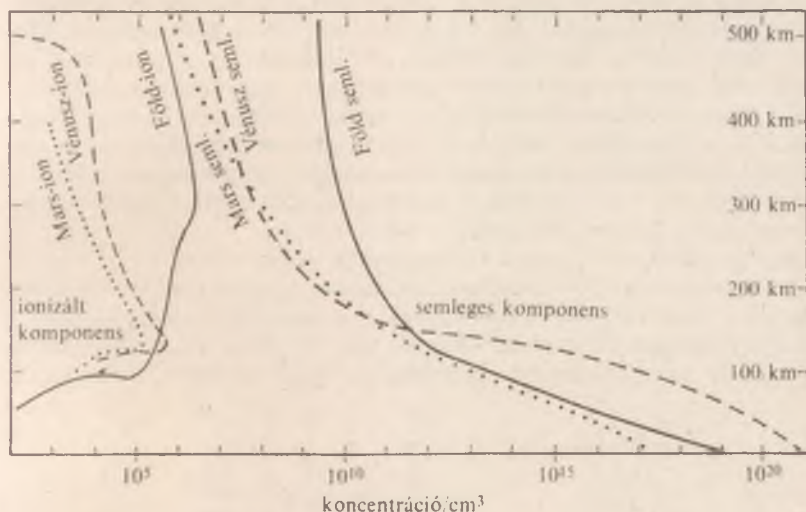
17/b. ábra. A földi atmosféra semleges összetevőjének, ion- és elektronkomponensének fűtése a magasság függvényében.



17/c. ábra. A földi atmoszférában a semleges gáz fűtéséhez a különböző hőátadási módok mennyivel járulnak hozzá a magasság függvényében.

Az ionizált komponens aránya a semlegeshez képest elhanyagolhatóan kicsi. A Földnél a *D* rétegben például $1 : 10^{10}$, az *F* rétegben $1 : 1000$. A 18. ábra a három bolygó esetét mutatja be egyetlen ábrára, közös skálához felrajzolva a semleges és ionizált részecskék koncentrációját.

Az ionoszféra energiáját a napszél energiájával összehasonlítva érdekes megjegyezni, hogy míg az ionoszféra sokkal sűrűbb, addig a napszél részecskéinek az energiája sokkal nagyobb. A napszélben néhány ion van cm^{-3} -ként, a Földön 1000 km magasságban 10^4 – 10^5 ion van. A napszélben a részecskék energiája *KeV* körül van, a földi ionoszférában pedig csak *eV* nagyságrend körül. Tehát az ionoszféra a napszélhez képest igen *nagy sűrűségű hideg plazma*.



18. ábra. A Vénusz (----), a Föld (—) és a Mars (.....) légkörében az ionizált (vékony vonal) és semleges (vastag vonal) összetevők koncentrációja a magasság függvényében.

Ha a légkörben a gravitációs szeparáció vagy a fotokémiai folyamatok következtében olyan rétegek jönnek létre, amelyek diszkrét hullámhosszú sugárzás elnyelésével a környezetnél több energiát vesznek fel (mint például a földi ózonréteg), e rétegek a talajhoz hasonlóan konvektív és radiatív hőforrásnak bizonyulnak, és a légkör hőmérsékleti profilját torzíthatják. A felszíntől folyamatosan csökkenő hőmérsékletmenet ilyen rétegek közelében megfordul, és növekvővé válik. Ezt láthatjuk a földi sztratoszférában az ózonréteg miatt, és 100 km felett az extrém ultrabolya sugárzás elnyelődése miatt, a Mars és Vénusz esetében pedig 100 km felett a CO_2 disszociáció mi-

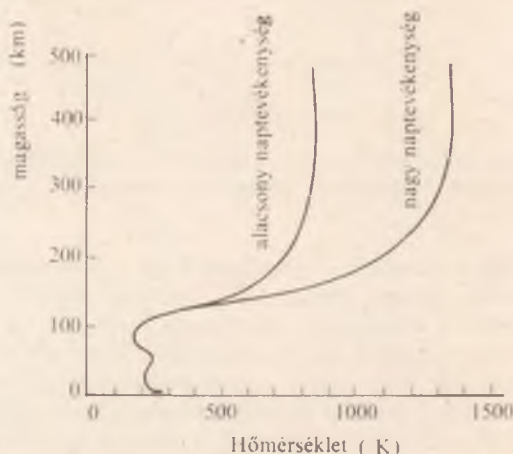
att. Olyan összetevők viszont, amelyek szelektív emissziót produkálnak, (mint például a CO_2 a 15μ -on), hőelvonó szerepet játszanak a légkör hőháztartásában.

Bizonyos magasságnál, ahol a sűrűség már elég kicsi, és az infravörös fotonok szabad úthossza elég nagy, vagyis a sugárzó gáz (főleg CO_2) fotonjai már kijuthatnak a bolygó légköréből, a hőmérséklet közel van az egyensúlyihoz (mezopauza). Efölött az infravörös energialeadás egyre kevésbé intenzív, mivel a molekula ütközések egyre ritkábbak, és a molekulák vibrációs szintjei nem gerjesztődnek. A mezopauza 120–130 km magasan van a Vénusznál, 105 km-en a Földnél és 120 km-en a Marsnál.

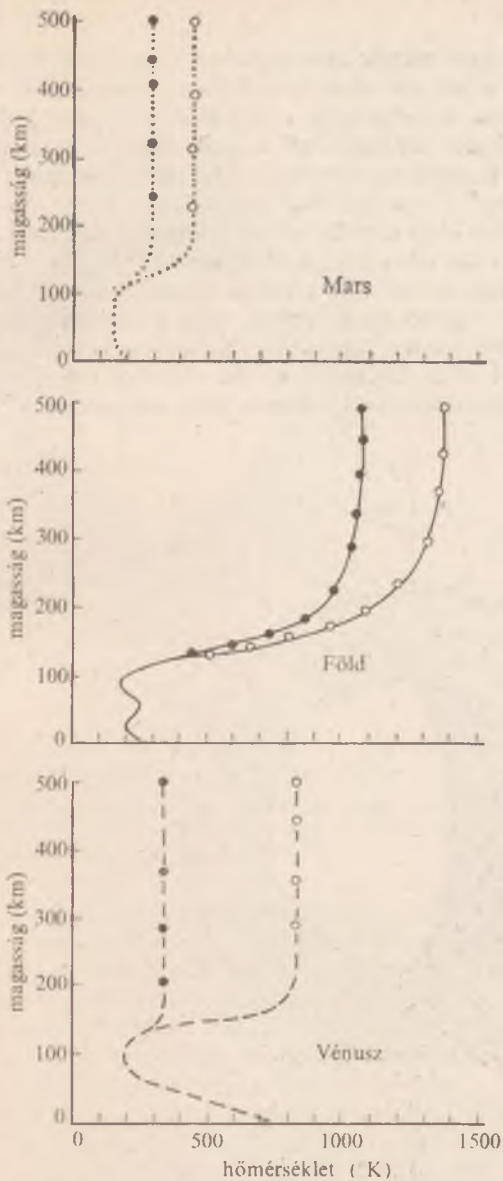
A mezopauza felett a termoszférában a hőmérséklet egy ideig növekszik a magassággal, majd állandóvá válik, vagyis ez az ú. n. *exoszférikus hőmérséklet* a magasságtól független lesz. Az ilyen hőmérséklet-profilú légkör a vertikális turbulenciákkal szemben stabilis. Az exoszférikus hőmérsékletet az szabja meg, hogy a Napból érkező ultraibolya és lágy röntgensugárzásból a légkör mennyit abszorbeál, illetőleg az alsóbb rétegek felé mennyi energia adódik át hő formájában. Mágneses térrel rendelkező bolygók esetén az exoszférikus hőmérsékletet a mágneses erővonalakkal párhuzamosan fellépő jó hővezetőképesség következtében a magnetoszférából a felső légkör alacsonyabban fekvő rétegeibe jutó hőfluxus is befolyásolja.

A fenti statikus képet nagyon elbonyolíthatja néhány dolog.

1. Ha a sugárforrásból nem állandó intenzitású sugárzás érkezik a légkörbe, mint ez a Nap esetében is fennáll, akkor a naptevékenységgel változik a kibocsátott energia (11 éves periódussal, lásd 19. ábrát, és szabálytalanul), továbbá az energiakibocsátás anizotrópiája miatt az adott bolygólégkör



19. ábra. A földi atmoszféra hőmérsékleti profiljának változása a naptevékenység 11 éves ciklusával párhuzamosan ($^{\circ}K$)

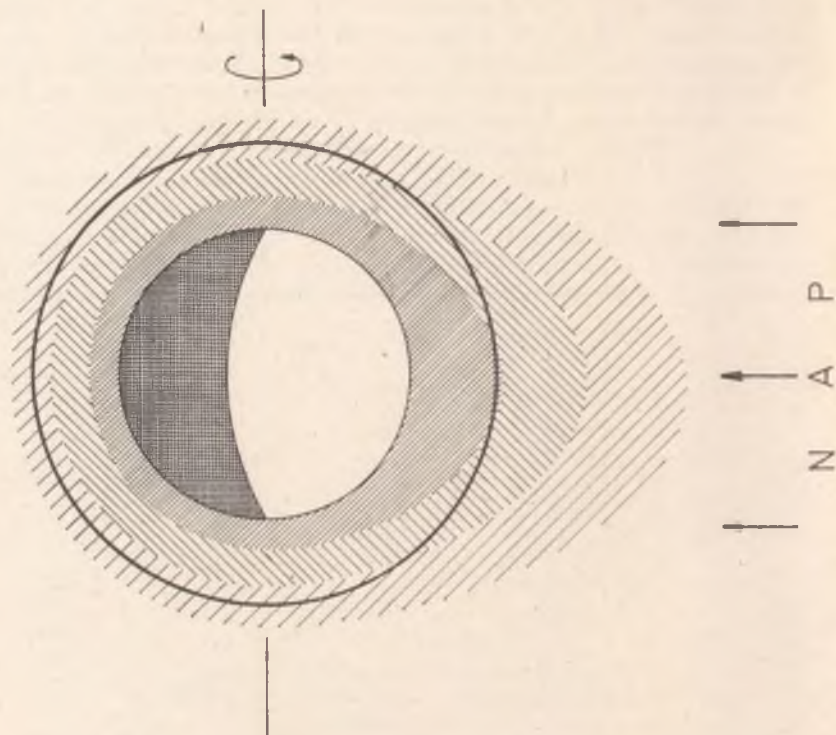


Mars, Föld és Vénusz
nappali ○ és éjszakai ● hőmérsékleti profilja

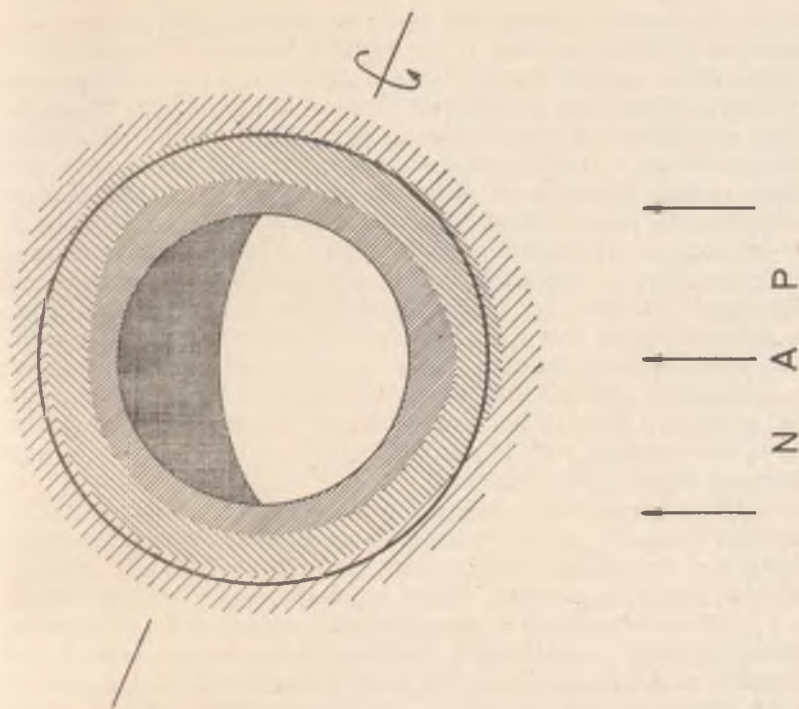
20. ábra. A Vénusz (---), a Föld (—) és a Mars (.....) hőmérsékleti profilja nappal (○) és éjszaka (●).

irányába kibocsátott energia nem egyenletes (Nap-aktivitási területek körülbelül 27 napos periódusú visszatérése a Nap tengelyforgása következtében).

2. Ha a bolygó tengelyforgása nem kötött a Naphoz képest, mint ez a Föld-típusú bolygók mindegyikénél fennáll, akkor a maximális besugárzás helye a bolygó tengelyforgási periódusával haladó hőmérsékleti maximumot és „kidudorodást” okoz a légkörben (napszakos effektus, 20. ábra), melyhez még a fél periódus idejű árapály hullám is hozzáadódik. Ez a „kidudorodás” a légkörben úgy jön létre, hogy a maximálisan fűtött hely környezetében a nagyobb felmelegedés nagyobb nyomást eredményez. A hőelnyelő közegek környezetében a legnagyobb a nyomás, tehát pl. a talaj közeli légrétegektől radiálisan minden irányba megindul a légáramlás. Vízszintesen, amerre nem kell a gravitáció ellen dolgozni, nagyobb erősségű radiális szél indul meg, de felfele is megemelődnek a légrétegek. Ez a „megemelődés” vagy „kidudo-



21. ábra. Sematikus rajz a Föld légkörében keringő OGO-6 mesterséges hold méréseinek illusztrálására: a különböző összetevők maximális koncentrációja a nap folyamán különböző időpontban jelentkezett.



22. ábra. Sematikus rajz a Föld légkörében keringő OGO-6 mesterséges hold mérésének illusztrálására: a különböző összetevők koncentrációja évszakos változást mutat; a téli félgömb felett a hélium koncentrációja, míg a nyári félgömb felett az oxigén és a nitrogén koncentrációja nagyobb.

rodás” az éjjel alacsonyabban elhelyezkedő légrétegeket nappalra magasabbra emeli, feljebb emelve természetesen a koncentráció eloszlást is (21. ábra). Ha mármost pl. egy mesterséges hold adott magasságban jár, akkor nappal egy alacsonyabb színtről hozzá felemelkedett réteg kémiai összetételét méri az éjszakaihoz képest. Ebben a „felemelkedett” rétegben több lesz a nehezebb molekulasúlyú elem a gravitációs szeparáció miatt. Tehát a legnehezebb molekulasúlyú elem maximális koncentrációt mutat akkor, amikor a legmagasabb a hőmérséklet. Ha véletlenül olyan magasságtartományok légrétegei „emelkednek” és „süllyednek” a mérő holdunk körül a nap folyamán, ahol a különböző összetevők koncentráció-görbéi metszik egymást, lehet, hogy éjjel az egyik, nappal a másiknak van nagyobb koncentrációja. Vagyis a különböző összetevők maximumainak időpontjai különböző időpontra tolódnak. (A Föld esetében az OGO-6 500–1000 km magasságtartományban

mért, a hőmérsékleti maximummal egyidőben mért N_2 koncentráció maximumot, az oxigénét korábban, 15 óra körül, a héliumét 10 óra körül.)

3. Ha a bolygó tengelye nem merőleges a pályasíkra, a maximális besugárzás helye a pályamozgás periódusával vándorol az egyenlítőhöz képest, évszakok váltakozását okozva a felszínen, és évszakos szélességi változásnak nevezett effektust a felsőléggkörben. Ez az évszakos szélességi koncentráció változás szintén szemléletesen magyarázható a gravitációs szeparációval. A nyári félgömb jobban fűtődik mint a téli. Pl. a Földnél a mérsékelt övben 20° — 30° körül van a hőmérsékletkülönbség. Ennek következtében a szimmetrikus képhez képest a nyári félgömb felett mindenütt jobban megemelkednek a légtömegek (22. ábra). Így a nyári félgömb felett ugyanabban a magasságban járó mesterséges hold egy alacsonyabbról felemelkedett légréteg összetételét méri, melyben nagyobb lehet a nehezebb molekulásúlyú összetevő koncentrációja és a téli felett a könnyebb molekulásúlyú összetevők koncentrációja, ha éppen a koncentráció görbék metszése környékén jár a mesterséges hold (a Föld esetében a téli félgömbnél az *OGO—6* több héliumot, a nyári félgömbnél több O_2 -t, N_2 -t talált).

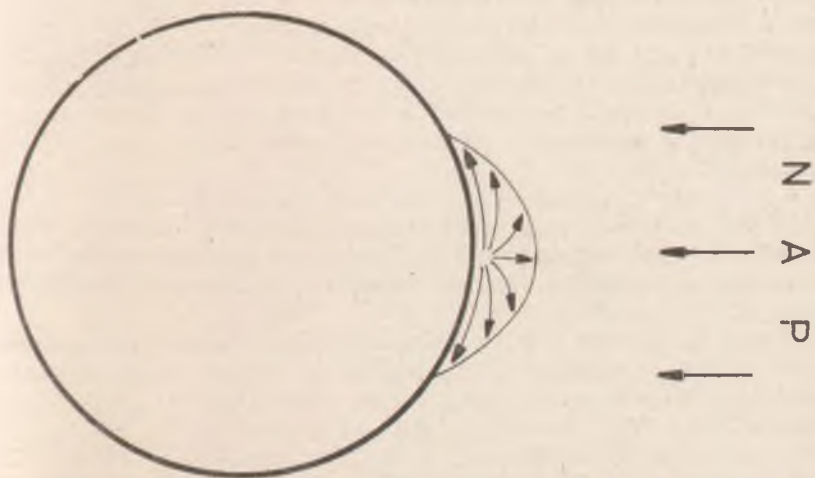
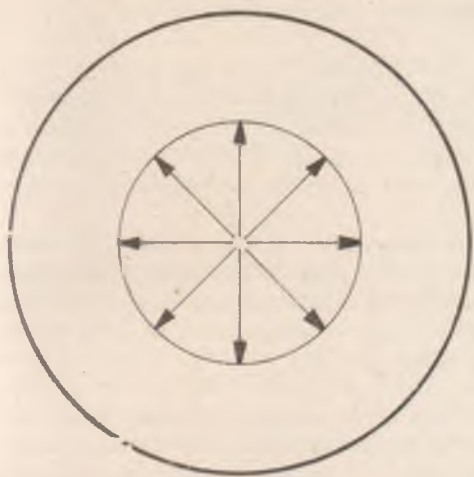
A beérkező korpuszkuláris sugárzás, amely, mint a Nap felületéről állandóan fújó „napszél” éri el a bolygókat, jelentős, de változó mennyiségű energiát hoz. Az energiaátadás módjaival ezen cikk keretein belül nem foglalkozunk, csupán megemlítjük, hogy a mágneses térrel rendelkező bolygók (pl. a Föld) esetében a statikus képet jelentősen megzavarja a korpuszkuláris sugárzás, különösen magnetoszféra zavarok idején. Miután a Nap egyes területeinek aktivitása nem periodikus, és így az általa kiváltott magnetoszféra viharok jelentkezése sem az, továbbá ezeket előre jelezni még nem tudjuk, ezért az okozott zavarok modellezése nagy nehézségekbe ütközik.

Szélrendszerek kialakulása

Az a tény, hogy a bolygók légkörét egy külső sugárforrás differenciálisan fűti, oda vezet, hogy nagy globális radiális szélrendszerek fejlődnek ki a maximálisan fűtött helyről a minimálisan fűtött hely irányába (23. ábra). Maximális a szélerősség a terminátor környékén. A szubszoláris pont felől eláramló légtömegek helyére azután más magasságokon visszaáramlás alakul ki. Az ilyen vízszintes hőelvezetés jelentősen csökkenti a hőmérséklet napszakos változásainak az amplitúdóját.

Ha nem kötött tengelyforgást végez a bolygó a Naphoz képest, akkor a bolygón levő megfigyelő — mint már említettük — az árapályhullámot is rendszeres szélként érzékeli.

Miután a szubszoláris pontból radiálisan kiinduló szélrendszer mind fázisban, mind erősségben a hőforrás helyével és erősségével együtt változik, és a két szélrendszer szuperpozíciójához még hozzájárul a légkör rotációja, esetleg szuperrotációja, a kép elég aszimmetrikussá torzulhat.



23. ábra. Sematikus rajz a maximálisan fűtött helyről radiálisan kiinduló szélrendszer illusztrálására.

A Vénusz, Föld és Mars légkörének összehasonlítása

A három bolygó csillagászati paramétereiben nincs túl nagy különbség, mivel a Vénusz 0,7, a Föld 1,0, a Mars 1,5 csillagászati egységnyi távolságra van a Naptól. A beeső napsugárzás a Vénuszra 1,91, a Marsra 0,43-szorosa a földinek. Viszont a Vénusz albedója sokkal nagyobb (0,77), a Marsé kisebb (0,26), mint a Földé (0,29—0,35), ezért az egyensúlyi hőmérsékletük közel azonos (228 °K, 251 °K, 218 °K).

Kémiai összetétel szempontjából nagy különbség van a Föld és két szomszédja között: a Földön a felszín közeli légkör fő komponensei a nitrogén és oxigén, míg a Vénusznál és a Marsnál a *széndioxid* dominál. Üvegházhatás mindhárom bolygónál fellép, de különösen erőteljesen a Vénuszon, így annak felszíni hőmérséklete nagyon magas (750 °K). A felszíni nyomás 100-szor nagyobb a Vénuszon, és 170-szer kisebb a Marson, mint a Földön. Mivel a Vénusz tengelye csaknem merőleges a pályasíkjára, nincsenek évszaktávlatások. A Marson viszont a földihez teljesen hasonló a tengelyhajlás, és így évszakos változás is van. A Mars pályaexcentricitása durván 6-szor nagyobb a földinél, ez lényeges különbséget okoz naptávolságban a perihélium és afélium között (1,38 illetve 1,67 csillagászati egység). A perihéliumban beérkező nagyobb mennyiségű napsugárzás magasabb hőmérsékletet és erősebb szeleket hoz létre. A szél által felkevert por közvetlen szoláris fűtése még magasabb felszíni hőmérsékletet eredményez. A felkevert por hőelnyelése és a szél, egymást erősítve, olyan pokoli porvihart kavart amely néha hónapokon keresztül fennmarad. A szélesebbég eléri a 160 km/órát (44 m/sec-ot), a hőmérséklet 20 fokkal is meghaladja az átlagot, és a finom porrészecskéket a szél 50 km magasságig is felemeli. A nappalok és éjszakák közötti nagy hőmérsékletkülönbségek által előidézett erős, örvénylő légmozgások következtében a por sohasem ül le teljesen, mintegy 30 km magasságig mindig megtalálható. A finoman szuszpendált anyag rózsaszinre festi a Mars égét (I. kép).

A Mars ritka légkörének sokkal kisebb a hőtároló képessége, ezért a változások relatíve sokkal nagyobbak, mint a Földnél vagy a Vénusznál. A felszíni 6 mbar körüli légnyomás például 0,1 mbar napi ingadozást mutat. Ennek megfelelő napi változás a Földön 10 mbar lenne a megfigyelt 1,5 mbar-ral szemben.

A CO_2 disszociációs hatáskeresztmetszete sokkal kisebb, mint az O_2 -é, ezért egyrészt az exoszféra sokkal hidegebb a Marsnál és a Vénusznál, másrészt a Schuman—Runge sugárzás (1500—1700 Å) is, és az ózon hiánya miatt a 2000—3000 Å hullámhosszúságú sugárzás is sokkal mélyebbre hatol le a Mars és a Vénusz légkörébe. A Nap EUV sugárzásának differenciális fűtőhatása következtében fellépő erősebb szél hatásosabban hűti a Mars és a Vénusz exoszféráját, mint a Földét.

Egyáltalán a turburencia hatásosabban dolgozik a Marson és a Vénuszon, mint a Földön: a mezopauza alatt mindkét bolygónál jól kevert az atmoszféra.

Ionoszférája mindhárom bolygónak van (18. ábra első három görbéje) bár a Marsé és a Vénuszcé kevésbé komplex mint a Földé. A Földdel ellentétben viszont a másik két bolygónak nincs túl jelentékeny mágneses tere, tehát nincs lényeges sugárzási övezete sem.

1. táblázat

Összehasonlító táblázat a Vénusz, a Föld és a Mars adataira

	Vénusz	Föld	Mars
Naptól mért távolság	0,723	1	1,524
Keringési periódus (földi napokban)	224,7	365,26	687,0
Pályaexcentricitás	0,0068	0,016	0,0934
Közepes sugár (km)	6050	6371	3385
Tömeg (földtömegben)	0,814	1	0,107
Sűrűség (g/cm ³)	5,25	5,52	3,97
Gravitációs gyorsulás (cm/sec ²)	878	973	372
Ekvátor hajlása a pályasíkhhoz	2°	23°27'	23°57'
Nap hossza (földi napokban)	243	1	1,03
Beeső napsugárzás fluxusa 10 ⁶ erg/cm ² /sec	2,66	1,39	0,60
Földhöz viszonyítva	1,91	1	0,428
Albédó	0,77	0,29 0,35	0,26
A felszínen a közepes nyomás (atm)	100	1	0,006
A felszínen a közepes hőmérséklet	750 °K	290 °K	210 °K
Egyensúlyi hőmérséklet	228 °K	251 °K	218 °K
Exoszférikus hőmérséklet S _{10,7} = 75	250	600	200
S _{10,7} = 150	800	1500	400
Napszakos effektus amplitúdója	500	300	200
Homopauza magassága (km)	122	105	120
Exoszféra alsó határa (km)	230	500	200
Plazmapauza magassága (km)	500	25 000	350
A légkör fő komponensei (%)	CO ₂ (95)	N ₂ (78) O ₂ (21)	(CO ₂ 95)

A Vénusz légköre a bolygó tengelyforgásánál 60-szor gyorsabban rotál a bolygóval azonos irányban; a Vénusz 243 nap alatt fordul meg tengelye körül, a légkör viszont már 4 nap alatt „körülfutja” a bolygót, és az egyenlítővel párhuzamos sávok szerkezetű felhőképet hoz létre. Ez a felfedezés annyira meglepte a kutatókat, hogy először nem is akarták elhinni, hogy a 4 nap a légkör rotációs periódusa, hanem feltették, hogy vagy több azonos alakzat van a Vénusz légkörében (mint például a Jupiteren a Nagy Vörös Folt), vagy hullám fut végig a légkörön ilyen periódussal. A Venyera űrszondák leszállás közbeni elsodródásai, a CO_2 abszorpciós vonalainak Doppler-eltolódásai, valamint a Mariner-10 ultraibolya felvételei alapján azonban úgy tűnik, hogy valóban vannak erős, globális szelek, amelyek nagy mélységekig léteznek, tehát nemcsak felsőlégköri jelenségek. Az 50 mbar-os szinten, a felhőréteg tetejénél ez a 4 napos szuperrotáció 100 m/sec (360 km/óra) erősségű, a 20 000 mbar nyomású szinten 40 m/sec (144 km/óra) erősségű szélnek felel meg.

A Föld légköre is sávok képet mutat, ha az interplanetáris térből nézzük, és vannak mérési adatok a mesterséges holdak fékeződése alapján, amelyek szintén szuperrotációra utalnak, azonban ez a Vénuszhoz képest nagyon kicsi mértékű.

Felhő kialakulása mindhárom bolygó légkörében bekövetkezik. A Vénusz felhői vízben oldott kénsav és sósav cseppecskékből állnak. A Venyera-8, -9, -10 leszállása óta tudjuk, hogy az átlátszatlanok hitt felhőréteg átengedi a fény egy jelentős részét, így a Vénusz felszíne nem sötét. A Föld felhőinek anyaga H_2O , a Mars-felhők szintén vízgőz, de CO_2 felhők is létezhetnek (III, IV, V kép).

Mérési eredmények és a hozzájuk illesztett modellek

Vénusz

A bolygó rendkívül sűrű, átlátszatlan felhőrendszere miatt a Földről nehezen volt tanulmányozható. A Venyera szondák és a Mariner-5, -10 mérései alapján ismertünk meg többet róla. A felszínén váratlanul nagy nyomást találtak (100 atmoszféra), és igen magas hőmérsékletet (750 °K). A Venyera szondák sodródásából igen erős, viharos szelekre lehetett következtetni. Ionoszférát találtak, de csak egy vékony réteget, 140 km magasság körül — 10^3 elektron/cm³ maximális sűrűséggel a nappali oldalon. Fő összetevő ebben a magasságban a CO_2^+ és O_2^+ , míg 200 km felett főleg O^+ , He^+ és H^+ . A nappali oldalon nagy naptevékenységnél az elektronsűrűség hirtelen lecsökkent 500 km-nél, amit a plazmapauzával lehetett azonosítani. Alacsony naptevékenységnél ez a lecsökkenés sokkal diffúzabb és 350 km környékén volt mérhető.

Kémiai összetétele: 95% CO_2 , 135—140 km-en néhány % CO és O , nyomokban H , Ar , He és C . A Venyera űrszondák méréseihez illesztett légkörmodell

(Marov, 1973) szerint a homopauza 122 km-en van és $T = 180^\circ K$ a hőmérséklet. A naptevékenységgel az exoszférikus hőmérséklet $550^\circ K$ — $900^\circ K$ között, míg a napszakos effektussal $200^\circ K$ — $700^\circ K$ között változik. Ezen utóbbi szélhatás nélkül $150^\circ K$ — $920^\circ K$ lenne. A modell megalkotásánál legnagyobb problémát annak a megmagyarázása jelentette, hogy miért van nagy magasságban is jelentős mennyiségű széndioxid, hiszen a CO_2 gyors fotodisszociációja, és a szénmonoxid és az oxigén lassú rekombinációja miatt ez nem volt várható. Magyarázatként egyelőre azt lehet mondani, hogy az erős turbulencia juttatja a magasba a CO_2 -t, míg a CO és O -t az alsó rétegek felé szállítja.

Föld

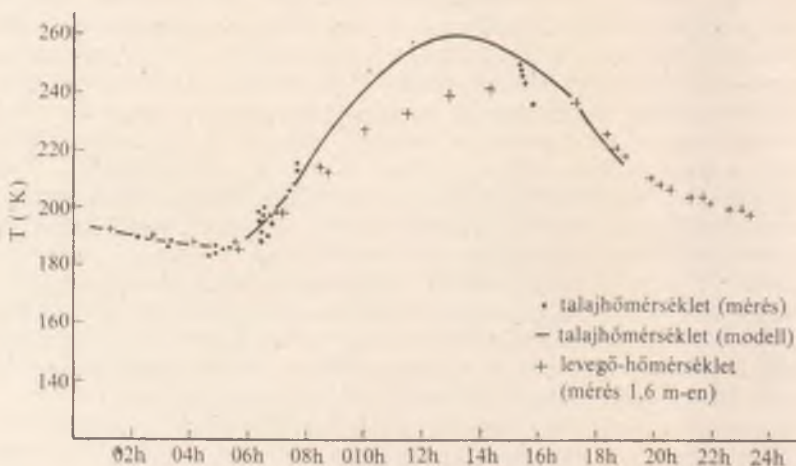
Az alsó légrétegekről összegyűjtött sok mérési adat, és a belőlük konstruált légkörmodellek után nagy meglepetésként hatottak az űrkorszak mérési eredményei. A Vénusz felé eddig 12, a Mars felé 16 űrszondát indítottak, a Föld körül több ezer mesterséges hold mér, vagy csak kering, de fékeződéssel fontos információt ad a légkörről. A sok mérési adat felsorolásával meg sem próbálkozunk, hanem csak a belőlük Jacchia által konstruált légkörmodellt ismertetjük nagy vonalakban (Jacchia, 1971), és a mesterséges holdak fedélzetén végrehajtott *in situ* mérésekre utalunk.

A földi felszíni légkör összetétele: 78.09% N_2 , 20.95% O_2 , 0.93% Ar , nyomokban Kr , Ne , Xe , He , H , O_3 , Ra , 0.4% vízgőz és 0.03—0.07% CO_2 . A homopauza 105 km-en van. Az exoszférikus hőmérséklet változásában a Nap által okozott 11 éves, 27 napos, napszakos és geomágneses effektuson kívül még fél éves periódusú változást is találtak. A 11 éves effektus amplitudója az exoszférikus hőmérsékletben 700° körül van, a napszakosé 200— 300° , a geomágneses szintén több száz fokot is elérheti, míg a 27 napos is, és a féléves is körülbelül 100° . Ezen kívül, ha ugyanabban a magasságban nézzük a légkört, a kémiai összetételben mértek évszakos és szélességi változást is: míg a hélium a téli félgömb felett sűrűbb, addig az oxigén és a nitrogén koncentrációja a nyári félgömb felett nagyobb. A napszakos effektussal kapcsolatban az OGO-6 mesterséges hold *in situ* mérési adatai mutatták ki, hogy a légkör különböző összetevőinek különböző időkben van a maximuma: a nitrogéné 16^h -kor, az oxigéné 15^h -kor, a héliumé 10^h -kor, vagyis minél könnyebb molekulasúlyú összetevőről van szó, annál korábbra tolódik a maximális sűrűség időpontja. Ugyancsak a kémiai összetétel változásának rovására írható az ionoszférikus F réteg ionizáltságának évszakos változása, hiszen az atomi és molekuláris oxigén is alá van vetve a heteroszférában a gravitációs szeparációnak.

Az alsó termoszférában 100—120 km magasságban félnapos periódusú hőmérséklet- és szélerősség-változást figyeltek meg, mely a mezo- és sztratoszférából elinduló árapály hullámmal azonosítható.

A Mars felszínközeli légkörénekkémiai összetételére a következőket mondhatjuk: 95% CO_2 , 0,1—0,4% oxigén, 2—3% nitrogén, 1—2% argon, 0,16% CO , nyomokban ózon, kripton, xenon. Felsőlégréében az NO koncentráció lényegesen nagyobb, mint a Földön.

A Mars légköre rendkívül ritka, felszínén a légnyomás átlag 6 mbar körül van, 0,1 mbar napi változással. Felszíni hőmérséklete ritkán emelkedik fagypont fölé; a víz fagyott állapotban van. Afelszín feletti légrétegek nappal 20—25°-kal is hidegebbek a talajnál (24. ábra), emiatt erős konvektív áramlások keletkeznek a magasba emelve a Mars finom porát. A szélesebbesség csúcserőteke nyáron 17 m/sec volt a Viking-1 és -2 1976-ban mért adatai szerint. A nappali viharos feltételek napnyugtára szűnnek meg, mire a talajközeli néhány m vastagságú légréteg hőmérséklete azonos lesz a talajével. A Viking-1 és -2 leszálló egységek meteorológiai adatai szerint maximális a nappali hőmérséklet (241 °K) 15 óra helyi időben, minimális 5 óraker (187 °K—191 °K). Az extrémumok időpontjai azt mutatják, hogy a levegő fűtését a talajról sugárzással és konvekcióval átadott hő, és a levegőbe emelt porrészecskék hőelnyelése biztosítja. A szél erősség- és irányváltozása mindkét helyen mutatta az árapályra jellemző félnapos oszcillációt, és a fűtésre jellemző szélvektor-körbejárást. Érdekes, hogy a mért szélirányok nem magyarázzák a környező felszíni formák aeolikus alakzatait, azok talán más évszakban, vagy egészen más epochában alakultak olyanra.



24. ábra. A Viking-2 leszálló egység hőmérsékletmérései a Marson: a talaj mért hőmérséklete (●), a hozzá illesztett modell (—) és az 1,6 m magasságban mért levegőhőmérséklet (+). A levegő 10—16^h között 15—20°-kal hidegebb, mint a talaj.

A légkör kevés vízgőz tartalma ismétlődő napi ciklikusságot mutat, nyilván telítettségi egyensúly van. Az északi poláris régiókban nyáron nagy vízgőz koncentrációt találtak. A déli poláris sapka felett 20 km magasságban $148\text{ }^\circ\text{K}$ -t mért tavasszal, illetve nyáron a Mariner-7, -9. A szilárd CO_2 6 mbar nyomáson szublimál, telítettségi hőmérséklete ezen a nyomáson $147.7\text{ }^\circ\text{K}$, tehát CO_2 felhők létezhetnek a pólusok felett. További reggeli megfigyelések dönthetnek ebben a kérdésben (az extinkciós koefficiens kb. kétszeresére változik aszerint, hogy H_2O , vagy CO_2 felhőről van-e szó).

A homopauza 120 km környékén van. Az exoszferikus hőmérséklet rendkívül alacsony, és erősen változó ($200\text{ }^\circ\text{K}$ alacsony, illetve $400\text{ }^\circ\text{K}$ nagy naptevékenységre). A két Viking leszálló-egység leszállás közben mérte a hőmérsékleti profilokat, és 90 km alatt lefelé haladva csökkenő amplitudójú hőmérsékleti hullámokat talált. Az amplitudó 90 km-nél elérte a 25° -ot. Ezek a hullámok réteges vertikális oszcilláció következményei lehetnek, melyet a felszín napi termális ciklusa gerjeszt kompressziót (felmelegedést) illetve expanziót (lehűlést) okozva. Új, meglepő eredménye a Viking szondák méréseinek, hogy a Mars ionoszférájának fő komponense O_2^+ . Éjszaka ionizációt nem találtak (mérési határ 10^4 elektron/cm³ volt).

A légkörben található elemek izotóp aránya fontos következtetéseket enged levonni a bolygó keletkezésére és fejlődésére vonatkozóan. A Viking-1, -2 mérési eredményei a járulékos összetevőkre vonatkozóan a Mars légkörében ezért különös jelentőséggel bírnak. A mérések azt mutatják, hogy a Mars légkörében az oxigén és a szén izotóp aránya hasonló a földihez, de a nitrogénnél a ^{14}N a ^{14}N -hez képest a földi értéknek 1.75-szöröse: a ^{16}N bedúsult a Marson a ^{14}N -hez képest. Az ^{36}Ar a ^{40}Ar -hoz képest kevesebb, mint a Földön, az abszolút gyakorisága (vagyis a teljes légkör össztömegéhez képesti aránya) 100-szor kisebb, mint a Földön. A ^{129}Xe 2,5-ször gyakoribb a Marson mint a ^{131}Xe és a ^{133}Xe (a Földön mindhárom gyakorisága közel azonos). És végül több kriptont találtak, mint xenont.

Mire lehet ezekből az arányokból következtetni? Ha a Mars eredeti légköre ugyanolyan összetételű volt, mint a Földé, akkor abból, hogy a ^{14}N és ^{36}Ar kevesebb, mint a megfelelő nehezebb izotópjuk, arra gondolhatunk, hogy a könnyebb izotópok a gravitációs szeparáció következtében nagyobb magasságba kerülve könnyebben megszökhetnek a Mars atmoszférájából. Tehát a Mars eddigi élete folyamán jelentős mennyiségű nitrogént és argont veszített, vagyis sokkal masszívabb légkörrel rendelkezett. A különböző modellek szerint a nitrogén eredeti parciális nyomása a 2—9 mbar-t érte el, és a jelenleginek legfeljebb a 10-szerese lehetett az eredeti légkör tömege. Ez 100 mbar maximális felszíni nyomást adhatott, lehetővé téve folyékony víz jelenlétét a Marson, és megmagyarázva a teljesen egyértelműen folyékony erózióra utaló felszíni formák keletkezését. Ha a Mars jelenlegi légköre 1/10-e az összes felszabadult illó anyagnak, akkor, ha a H_2O a felszínen folya, néhány méternyi vízréteg boríta-

ná a Mars felszínét. Hol van hát a hiányzó víz? Valószínűleg a sarki sapkába és a talajba fagyott, és itt befedte a finom por.

Ha azonban a fenti elmélet igaz lenne, akkor a ^{129}Xe -nak is kevesebbnek kellene lennie a nehezebb izotópokhoz viszonyítva, mint a Földön, ugyanazon mechanizmus alapján. és több xenont kellett volna találni, mint kripton, de ennek a fordítottját mérték. Más magyarázat kell tehát. A Mars eredeti légköre *nem a földivel volt azonos!* A szén tartalmú kondritokban a $^{129}\text{Xe}/^{132}\text{Xe}$ arány 4.5—9.6 között van a földi 0.97-el ellentétben (A Marsé 2.5). A Mars a kisbolygó övezet és a Föld között kering; primordiális légköre lehet, hogy a korodritokéhoz állt közelebb, és akkor a $^{129}\text{Xe}/^{132}\text{Xe} = 2.5$ a primordiálishoz képest ismét a szelektív megszökés mellett szól. A földi Xe kevesebb, mint a kripton, a Marson is kevesebb. A Földön a xenont a *regolit* és az *agyagpala* megkötötte. A kondritokban több a Xe. Lehet, hogy a Marson is az agyagpala és a regolit kötötte meg a xenont a bolygó folyékony eróziója idején?

Rengeteg kérdés maradt még megválaszolatlanul, de reméljük, hogy a közeljövő űrszondáinak mérései még jobban „előhívják” a homályos képrészeket.

A BELSŐ BOLYGÓK ALAKJÁRA ÉS NEHÉZSÉGI ERŐTERÉRE VONATKOZÓ ŰRKUTATÁSI EREDMÉNYEK

A mesterséges holdak a geodézia számára is új távlatokat nyitottak. A mérési eredmények geodéziai célú feldolgozására és hasznosítására ill. geodéziai értelmezésére a geodézia friss hajtásaként fejlődött ki a *kozmosz geodézia* (másként *szatellita* vagy *szputnyik geodézia*). Ez az új tudományág az utóbbi két évtizedben számos eredménnyel gazdagította a Föld alakjára, méreteire és nehézségi erőterére vonatkozó ismereteinket. Módszereit és eljárásait kiterjesztették a Holdra, sőt a bolygókra is. Az előbbi alakjával, méretével és nehézségi erőterével foglalkozik a *szelenodézia*, az utóbbiakéval foglalkozó tudományág pedig *planetáris geodézia* néven ismert. *Barta György* professzor hasonlatával élve az emberiség már nemcsak a Földet vette kezébe, mint egy almát, hogy alaposan megnézze kívül-belül, hanem a Holdat, sőt a bolygókat is.

A kozmikus geodézia mintegy másfél évtizedes múltja során rendkívül gyorsan fejlődött és igen szép eredményeket ért el. Ez idő alatt fejlődött ki számos megfigyelési módszere az ezekhez szükséges technikai berendezésekkel együtt. Ma már száznál is több állomás követi a mesterséges égi objektumokat. Ilyen állomás a penci Kozmikus Geodéziai Obszervatórium (*KGO*) is, a melyről részletesen *Almár Iván* számolt be a Csillagászati Évkönyv 1977-es kötetében.

Belső bolygók és holdjaik

Mint ismeretes, a Naprendszer nagybolygóit két csoportba sorolhatjuk: a belső valamint a külső bolygók csoportjába (a két csoport eltérő jellemvonásait *Érdi Bálint* ismertette a Csillagászati Évkönyvben, 1975-ben). A belső bolygók a *Merkur*, a *Vénusz*, a *Föld* és a *Mars*. Közülük csak a Földnek és a Marsnak van természetes holdja: a *Hold* illetve a *Phobos* és a *Deimos*. A Hold felépítése és szerkezete alapján szinte bolygónak tekinthető. Vele részletesen foglalkozunk, hiszen geometriai és dinamikai feltérképezése részben megtörtént. A *Phobos* és a *Deimos* nagyon kicsinyek és eléggé közel keringenek a Marshoz. A *Mariner-9* felvételei szerint alakjuk szabálytalan és felszínükön becsapódásos eredetű gyűrűs képződmények találhatók. További érdekességük, hogy a Mars körül rendkívül gyorsan keringenek. Pályájuk nem esik egybe a Mars egyenlítői síkjával (2. táblázat).

A belső bolygók és holdjaik nehézségi erőterének tanulmányozására szolgáló eljárásokat és az eddigi űrkutatási eredményeket először a Föld esetében ismer-tetjük, hiszen a vizsgálatok során alkalmazott módszereket ennél a bolygónál használták először és ezeket terjesztették ki a Holdra, a Marsra, stb. Megjegye-zük, hogy *Abonyi Ivánné* a „Csillagászati Évkönyv 1977”-ben „Húsz év űrkuta-tás” című dolgozatában már néhány eredményt ismertetett.

2. táblázat

	Phobos	Deimos
a (km)	$9378,529 \pm 0,01$	$23458,906 \pm 0,03$
e	$0,0150 \pm 0,0001$	$0,00080 \pm 0,0001$
M_0 (fok)	$311,818 \pm 0,36$	$232,565 \pm 7$
i (fok)	$1,04 \pm 0,012$	$2,79 \pm 0,02$
ω (fok)	$269,873 \pm 0,9$	$235,625 \pm 7$
Ω (fok)	$100,509 \pm 0,8$	$10,913 \pm 0,2$
$\lambda_0 = \Omega + \omega + M_0$ (fok)	$322,20 \pm 0,1$	$118,9 \pm 0,1$
\bar{n} (fok/nap)	1128,4069	285,1438
$\dot{\omega}$ (fok/nap)	0,87481	0,03610
$\dot{\Omega}$ (fok/nap)	-0,43744	-0,0181
$\bar{n} + \dot{\omega} + \dot{\Omega}$ (fok/nap)	$1128,8443 \pm 0,0001$	$285,16178 \pm 0,001$

2. táblázat — A Phobos és a Deimos pályaelemei, amelyeket a Mariner-9 optikai (62 tv-felvételből) és rádiós méréseiből határoztak meg. Az adatok 1971. november 11-ei időpontra (2441266,500 JD) vonatkoznak. A szögek a Mars valódi egyenlítőjéhez és napéjegyenlőség vonalához ké-pest értendők.

A geodéziai alapfelületek szerepe

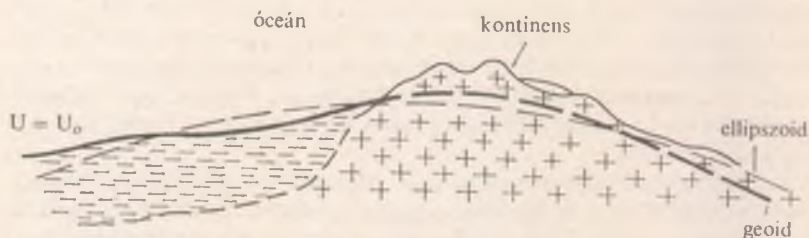
A mindennapi geodéziai gyakorlatban a fizikai földfelszín egy-egy kisebb darabját, a rajta levő természetes és mesterséges tereptárgyakkal, vízszintes vetületben (azaz a *helyi vízszintes síkra* vetítve) ábrázoljuk. Vízszintes síkon bármely földi pontban a helyi függőleges irányra merőleges sítot értjük. Kis kiterjedésű területen a helyi függőleges irányokat egymással párhuzamosnak tekintjük. A függőleges iránynak tehát, azaz a nehézségi erő irányának alapvető jelentősége van a geodéziában, hiszen ez az irány az, amelyet méréseink során is a legkönnyebben tudunk fizikailag előállítani (pl. függővel), és geodéziai műszereink állótegyelének is ezzel az iránnyal lehet egyértelműen meghatározott helyzetet biztosítani.

Ha méréseinket a földfelszín nagyobb darabjára terjesztjük ki, akkor már nem élhetünk azzal a közelítéssel, hogy a *helyi függőleges irányok egymással párhuzamosak*: a helyi vízszintes síkok különböző helyzetűek lesznek. Ha a szomszédos földfelszíni pontokban mindenhol kijelöljük a vízszintes irányt, olyan *folytonos görbe felületeket* nyerünk, amelyek minden pontjukban merőlegesek a helyi függőlegesre és ismét alkalmasak arra, hogy a földfelszín nagyobb darabjának „vízszintes vetületét” rajtuk előállítsuk. Ezek az így előállított görbe felületek a földi nehézségi erőter potenciáljának a szintfelületei, vagy röviden a *szintfelületek*.

A fizikai földfelszín egyenetlenségei (a domborzat) miatt a földfelszíni pontok különböző szintfelületeken fekszenek, így az egységes ábrázolás érdekében ki kellett jelölni a szintfelületek közül egyet, amely helymeghatározásainkban kiemelt szerepet tölt be. Ezt a kitüntetett szerepet a földi nehézségi erőter potenciáljának azon szintfelülete tölti be, amely a *nyugalomban levőnek képzelt tengerek felszínének* felel meg. Egyben ezt a szintfelületet, beleértve ennek a kontinensek alatti (elméleti úton előállítható) darabjait is, tekintjük a Föld elméleti vagy metamatikai alakjának is, és ezért használjuk rá a görög eredetű *geoid* (magyarul: földalak) elnevezést. E kitüntetett szerepű szintfelület, a geoid megválasztása kézenfekvő volt, hiszen a nyugalomban levő folyadékfelszín a nehézségi erő hatására éppen szintfelületalakot vesz fel, és Földünk felszínének mintegy háromnegyed részét folyadékfelszín képezi.

A földfelszíni alakzatok helyzetének meghatározásához és térképi ábrázolásához geodéziai mérések eredményeiből számszerű helyzetmeghatározó adatokat, (felületi vagy térbeli) koordinátákat, kell számítanunk. Kis területeken ez a vízszintes síkon könnyen megoldható feladat, azonban nagyobb területen a vízszintes sík szerepét betöltő szintfelület erre a célra nem alkalmas. Ugyanis a felületnek matematikai értelemben ismertnek és kezelhetőnek kell lennie. A földi nehézségi erőternek a Föld ismeretlen belső tömegeloszlási szabálytalanságai miatti változatos szerkezete következtében, a szintfelületek sem nem kellően ismertek, sem könnyen nem kezelhetők: így koordinátaszámítások végzésére alkalmatlanok. Ezért helymeghatározó adataink számításához a szint-

felületeknél alkalmasabb (főként egyszerűbben kezelhető) szabályos matematikai felületet, számítási *alapfelületet* vagy más néven *vonatkozási (referencia-) felületet* vezetünk be. A számítások alapfelületét úgy választjuk meg, hogy matematikai összefüggései viszonylag egyszerűek legyenek, és méreteiben és alakjában a szintfelületeket (a geoidot) lehető jól közelítse. Az alapfelület nagy területek geodéziai felmérésekor ugyanazt a szerepet tölti be, mint kis terület felmérésekor a helyi vízszintes sík. Alapfelületként a geoidhoz legjobban simuló *forgási ellipszoidot* választunk (25. ábra). Természetesen lehetőség van arra is, hogy az alapfelület és a geoid egymástól való eltéréseit is meghatározzuk, tehát az alapfelülethez viszonyítva a geoidot is térképezzük. A kozmikus geodézia ezt teszi, amikor a földi nehézségi erőter végtelen gömbfüggvénysorban kifejezett potenciáljában szereplő, különböző mérések alapján meghatározott harmonikusok segítségével a geoidot (az alapfelületként használt ellipszoidhoz képest) *térképszerűen* ábrázolja.



25. ábra. A fizikai földfelszín, a geoid és az alapfelületül választott forgási ellipszoid kapcsolata.

A Föld alakjára vonatkozó rövid történeti áttekintés

Az ókorban a Föld alakjáról nagyon naív elképzelések alakultak ki. *Püthagorász* volt az első, aki a Földet, inkább bölcséleti mint természettudományos alapon, gömb alakúnak tartotta. A Föld sugarát először *Eratoszthenész* határozta meg, meridián ívhosszának közvetlen megméréseivel, i. e. 192-ben. Az általa meghatározott érték mindössze csak 10%-al tér el a Föld sugarának mai legpontosabb értékétől. Eratoszthenész módszerét *fokmérés* néven ismerjük. Mintegy 100 évvel később *Posidonius* is végzett fokmérést. Az *Eratoszthenész*-i gondolat eljutott Európába is, és *Snellius* holland csillagász és matematikus 1615-ben (egészen más módszerrel) *háromszögeléssel* végezte el a meridián ívhosszának meghatározását. A Föld sugarát kb. 3,3%-os hibával határozta meg. E század második felében fedezte fel *Newton* a gravitációs törvényét, amelyet a Holdra alkalmazott, hogy levezesse a földi gravitációs gyorsulás értékét. A levezetett érték nem egyezett a földi mérésekkel, ezért *Picard* abbé 1670-ben

végzett fokméréseit elemezte. Az elemzésekből a Föld sugarára kapott 6372 km-es (0,1%-os hibájú) értékkel Newton már jó értéket kapott a gravitációs gyorsulásra, ha emellett még azt is feltételezte, hogy a Föld nem szabályos, hanem kissé lapult gömb. Newton elméleti úton levezette a *lapultság* értékét, és $a = 1/230$ értéket kapott (itt lapultságon az ún. *geometriai lapultságot* értjük, vagyis az egyenlítői és sarki sugár különbségének az egyenlítői sugárhoz való arányát). Newton állításának igazolására több fokmérést végeztek. Végül is a 18. század végére bizonyosodott be, hogy a Föld nem szabályos gömb, hanem sarkainál kissé lapult. A 19. században, amikor a háromszögelés egyre pontosabb lett az is világossá vált, hogy a Föld alakját leginkább valamilyen forgási ellipszoiddal lehet megközelíteni. Így a további feladatokat a forgási ellipszoid paramétereinek egyre pontosabb meghatározása képezte. A fokmérések adatainak feldolgozása során ellentmondások mutatkoztak a mérési eredmények és a Föld ellipszoid alakjának elmélete között. Az ellentmondást *Gauss* „oldotta fel”. Kijelentette:

„Amit mi geometriai értelemben a Föld felszínének nevezünk, az nem egyéb, mint olyan felület, amely a nehézségi erő irányát mindenütt merőlegesen metszi és amelyeknek egy részét a világtenger felszíne valószínűleg meg. A nehézségi erő irányát viszont minden pontban a Föld szilárd része és annak egyenlőtlen sűrűsége határozza meg. A geometriai felszín tehát ezen egyenlőtlen eloszlású elemek összehatásának eredménye és ahelyett, hogy a szabálytalanság kétségtelen bizonyosságán megütköznenek, úgy tűnik, hogy inkább azon kell csodálkoznunk, hogy azok még nem nagyobbak. A dolgok ilyen állása mellett azonban továbbra sincs akadálya annak, hogy a Földet mint egészét forgási ellipszoidként tekintjük, amely a valódi geometriai felszíntől hol erősebb, hol gyengébb undulációkkal eltér.”

Ettől kezdve a Föld alakját szintfelületként értelmezzük. Azt a szintfelületet pedig, amelyet ma a Föld idealizált alakjának tekintünk és a nyugalomban levőnek képzelt tengerek felszínének felel meg, *Listing* nevezte el geoidnak 1878-ban.

A Föld alakjának és nehézségi erőterének tanulmányozása a mesterséges holdak mozgása alapján

Mivel a Föld nem gömb alakú, tömegeloszlása nem homogén és nem is gömb-szimmetrikus felépítésű, ezért a Föld és a mesterséges hold között fellépő eredő erőhatás a holdnak a Földhöz viszonyított helyzetétől függően változó, általában a tömegközéppont irányától eltérő irányú. Ennek megfelelően a pálya bonyolult térbeli spirálgörbe. Földünk alakjának és tömegeloszlásának szabálytalanságai nem túl nagyok, ezért a kialakult térgörbe rövid szakaszai ún. simuló ellipszis pálya darabokból tehetők össze. A jelenség felfogható úgy, mintha a pályaellipszis térbeli helyzetét folyamatosan változtatná az idő függvényében. A pályásik helyzetváltoztatásai a pályaelemek időbeli változtatásával

jellemezhetők, ezek viszont a pályamozgás perturbációinak tekinthetők, amelyeket éppen a nehézségi erőter nem centrális szerkezete idéz elő.

A pálya megfigyelt pontjaiból számítjuk a simulóellipszis elemeit és követjük ezek időbeli változásait. A pálya kialakulását döntő módon a földi nehézségi erőter szabja meg. Ennek matematikai leírására a nehézségi erő potenciáljának U függvényét, ill. általában ennek gömbfüggvények szerinti végtelen hatvány-sorba fejtett

$$U = \frac{G \cdot M}{r} \cdot \left[1 + \sum_{n=2}^{\infty} \left(\frac{a}{r} \right)^n \sum_{m=0}^n (C_{nm} \cdot \cos m\lambda + S_{nm} \cdot \sin m\lambda) \cdot P_{nm}(\sin\varphi) \right]$$

alakját használjuk, ahol

- G az általános gravitáció állandója,
 M a Föld tömege,
 r, φ, λ , egy kiszemelt pont gömbi koordinátái, amelyben a potenciál értékét kívánjuk kiszámítani,
 a a Föld egyenlítői sugara,
 C_{nm}, S_{nm} ún. gömbi (szférikus) harmonikusok,
 $P_{nm}(\sin\varphi)$ asszociált Legendre-féle polinóm.

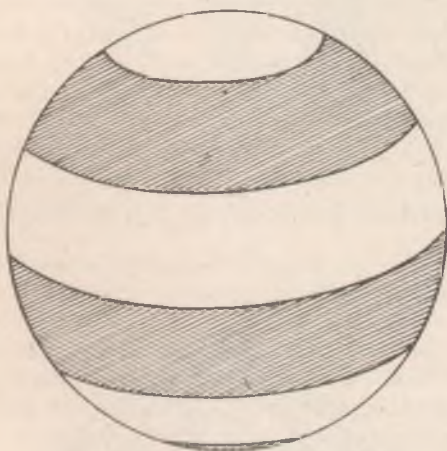
A fenti potenciálfüggvényt a Nemzetközi Csillagászati Unió ($IAU = International Astronomical Union$) javaslatára (a $C_{n0} = -J_n$ helyettesítéssel) a következő formában szokás felírni:

$$U = \frac{G \cdot M}{r} \cdot \left[1 - \sum_{n=2}^{\infty} J_n \cdot \left(\frac{a}{r} \right)^n \cdot P_n(\sin\varphi) + \sum_{n=2}^{\infty} \left(\frac{a}{r} \right)^n \cdot \sum_{m=1}^n P_{nm}(\sin\varphi) \cdot (C_{nm} \cdot \cos m\lambda + S_{nm} \cdot \sin m\lambda) \right]$$

A $P_{nm}(\sin\varphi)$ ($m=0$) függvényeket tartalmazó tagokat zonális harmonikusoknak, a $C_{nm}(m=0) = -J_n$ -et pedig zonális harmonikus együtthatóknak nevezzük. A $P_{nm}(\sin\varphi)$ ($0 < m < n$) függvényeket tartalmazó tagokat tesszerális, az ($m=n$)-et tartalmazókat pedig szektorális harmonikusoknak nevezzük. En-

nek megfelelően a C_{nm} és S_{nm} paramétereket $0 < m < n$ esetben *tesszerális*, $m=n$ esetben pedig *szektorális harmonikus együtthatóknak* nevezzük. A zonális, a tesszerális és szektorális harmonikusokat együttvéve *szférikus (gömbfelületű) függvényeknek* nevezzük.

Nézzük meg szemléletes jelentésüket! A zonális szférikus harmonikusok az egységnyi sugarú gömb felszínén az egyenlítőhöz képest szimmetrikusan elhelyezkedő paralellkörök mentén vesznek fel zéró értékeket. Ezek a paralellkörök a gömb felszínét zónákra osztják (26. a ábra). Egy adott zónán belül a Legendre-féle polinóмок vagy pozitívak, vagy negatívak; a szomszédos zónában pedig különböző előjelűek. A szektorális szférikus harmonikusok bizonyos feltételeknek elegendő meridiánok mentén lehetnek nullával egyenlők. Ezek a meridiánok a gömb felszínét $2n$ számú olyan szektorra bontják, amelyekben a szfé-

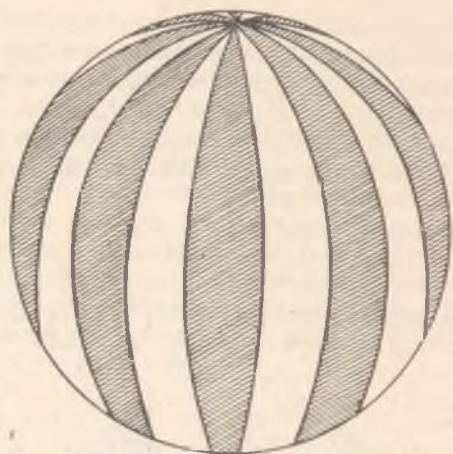


26. a ábra. A zonális harmonikusok szemléltetése

rikus harmonikusok váltakozva vagy pozitívak vagy, negatívak (26. b ábra). A tesszerális szférikus harmonikusok pozitív és negatív értékeinek eloszlását a 26. c ábra mutatja be.

Megjegyezzük, hogy a C_{nm} , S_{nm} szférikus harmonikus együtthatók értékei csak a sűrűség földbeli eloszlásától függenek, ezért ezeket a geodéziában általában *tömegfüggvényeknek* nevezzük.

A fenti matematikai apparátus alkalmas a nehézségi erőter tanulmányozására mert fizikai természetének megfelel. Ugyanis a gömbfüggvények matematikai formalizmusa jól követi a megfelelő tengely irányába eső tömegaszimmetriák által okozott potenciál felületi torzulásokat. Hiszen az U potenciálfüggvény



b

26. b és c ábra. A szektorális és tesszerális harmonikusok szemléltetése



c

hatványsorba fejtt alakjának első tagja GM/r , amely tulajdonképpen egy M tömegű r sugarú homogén gömb potenciálja. Vagy másképpen: egy M tömegű pont potenciálja tőle r távolságban, mivel a homogén M tömeg a tömegközéppontba sűrítve képzelhető. A többi tag úgy értelmezhető, mint a homogén gömb potenciáljának korrekciója, amely azt juttatja kifejezésre, hogy a Föld nem gömb és nem homogén felépítésű. Tehát úgy fogható fel, mint annak mértéke, hogy a Föld kiválasztott szintfelülete (a geoid) milyen mértékben tér el a gömbtől.

Az U potenciálfüggvénynek a koordináták szerinti $\frac{\partial U}{\partial X}$, $\frac{\partial U}{\partial Y}$, $\frac{\partial U}{\partial Z}$ parciális

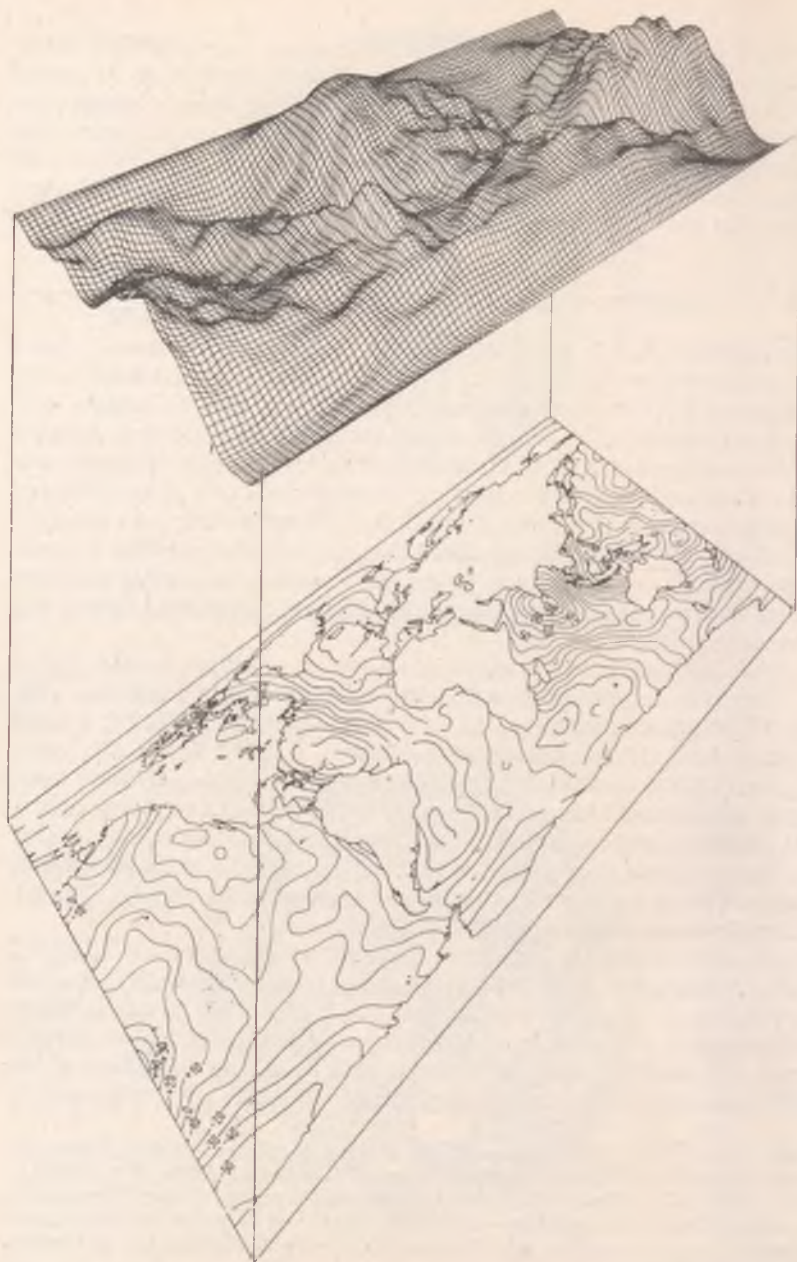
differenciálhányadosai a mesterséges holdra ható *eredő erő összetevői*. Így a nehézségi erőter nem centrális volta miatti pályazavarok közvetlenül a potenciálfüggvény parciális differenciálhányadosaival, ill. az ezekben szereplő szférikus harmonikusokkal (a tömegfüggvényekkel) állnak kapcsolatban. A pályazavarok megfigyelése tehát alkalmas a gömbfüggvény-együtthatók meghatározására. Csak ezek ismeretében lehet a földi nehézségi erőter potenciálfüggvényét számszerűen felírni, mivel a Föld belső tömegeloszlását nem ismerjük.

A pályaelemek időbeli változásaiban különböző súllyal szerepelnek a forgásszimmetrikus ún. zonális és az ettől eltérő ún. tesszerális harmonikus-együtthatók; így az egyes pályaelemek változásának megfigyeléséből ezek különválasztva is meghatározhatók.

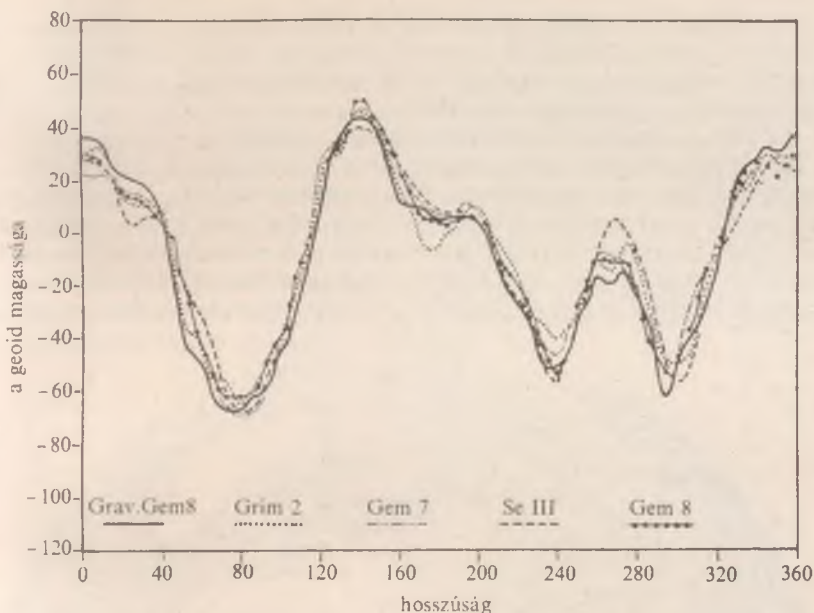
A földi nehézségi erőter potenciálját kifejező U gömbfüggvény-sor J_n, C_{nm}, S_{nm} harmonikus együtthatóira különböző érték-sorozatokat határoztak meg. Ezek közül legjelentősebbek az *SE* (Standard Earth) I, II, III, IV; a *GEM* (Goddard Earth Model) különböző megoldásai, *GRIM-1 2*, stb. (27. ábra). A Standard Earth modellek kidolgozásában alapvető szerepe volt *Izsák Imre** magyar csillagásznak. Mint a Smithsonian Astrophysical Observatory munkatársa, elméleti és gyakorlati téren is úttörő munkát végzett a mesterséges holdak adatainak geodéziai alkalmazásában. A Föld gravitációs potenciálját tesszerális harmonikusok segítségével igen nagy pontossággal határozta meg. Kimutatta és meghatározta a földi egyenlítő elliptikusságát.

A 27/a ábra pl. a *GRIM-2*-geoidnak az alapfelületül választott $a = 6378136,5$ m fél nagytengelyű és $\alpha = 1/298,255$ lapultságú forgási ellipszoidhoz viszonyított eltéréseit (az ún. *geoid-undulációkat*) mutatja be: fent háromdimenziós, lent térképszerű ábrázolásban. A különböző „Föld-modellek” jó, ill. kevésbé jó egyezését tapasztalhatjuk a 27/b ábrán, ahol az ún. *geoidi profilokat* (a különböző geoid-megoldásoknak az alapfelületül választott forgási ellipszoidhoz

* *Izsák Imre* (1929—1965) Zalaegerszegen született. Az Eötvös Loránd Tudományegyetem matematika-fizika szakát elvégezve az MTA Csillagvizsgáló Intézet munkatársa lett. 1956—58-ig a Zürichi Observatóriumban azután az University of Cincinnati-n dolgozott. 1959-től korai haláláig — szívroham végzett vele Párizsban egy tudományos ülésen — a Smithsonian Astrophysical Observatory munkatársa volt és előadott a Harvard Egyetemen.



27/a. ábra. A GRIM-2 geoid háromdimenziós térbeli és térképszerű ábrázolása.



27/b ábra. Geoidi profilok az egyenlítő ($\varphi = 0^\circ$) mentén

viszonyított, egy-egy adott szélesség vagy meridián mentén adódó eltéréseit) láthatjuk.

Itt jegyezzük meg, azt, hogy ha az U gömbfüggvényt véges számú tag (pl. $n = 4$) után elvágjuk, azaz a további tagokat zérus értékűnek tekintve elhagyjuk, akkor a földi nehézségi erőter potenciáljának szintfelületei helyett ezeket jól megközelítő, de szabályosabb (forgástest alakú) ugyancsak szintfelületeket, ún. *szint-szferoidokat* kapunk. A gyakorlati számítások elvégzésére alapfelületként a szint-szferoid alkalmas lenne, de az ellipszoid egyenlete lényegesen egyszerűbb. Emellett az ellipszoid adatai geometriai eljárásokkal levezethetők, míg a szferoid egyenletében olyan együtthatók is vannak, amelyek meghatározása bonyolultabb csillagászati megfigyeléseket igényel. A Föld felszínét idealizáló felületek tehát a *szintfelület (a geoid)*, *szint-szferoid* vagy *szferoid*, *ellipszoid*, *gömb*, *sík* az elhanyagolás növekvő mértékét jelzi, a történeti sorrend érthetően éppen fordított volt.

A nehézségi erőter meghatározására eddig mintegy 25 megoldás ismert. Ezek globálisan egyező eredményt szolgáltattak, de regionálisan ellentmondó eredmények születtek. Ebből világosan kiténik, hogy véges számú együttható ismeretében csak a nehézségi erőter globális szerkezete határozható meg jól. A helyi részletek földi nehézségi gyorsulás mérések alapján ismerhetők meg.

Ilyen eljárások (*kozmosz geodéziai és földi módszerek együttes feldolgoása*) a legutóbbi időben alakultak ki. *Lambeck* vizsgálatai szerint a földi nehézségi gyorsulás mérések bevonásával a gömbfüggvény-együtthatók számításába $n, m = 8$ alatt semmi lényeges javulást nem jelent.

Véleménye szerint a földi nehézségi gyorsulás mérések, a mesterséges holdra végzett *lézeres* távolságmérések alapján, továbbá a mesterséges holdak inklinációjának kedvezőbb eloszlása esetén és alacsonyabb mesterséges holdak megfigyelési adatainak további bevonásával $n, m = 20$ -ig lehet a Föld nehézségi erőterének gömbfüggvény-együtthatóit megbízhatóan meghatározni. Egy még újabb lehetőséget a mesterséges holdak magasságmérései adnak. Az 1975 márciusában felbocsátott *GEOS-3* elsősorban a tengerek magasságmeghatározását



28. ábra. Az USA hadügyminisztériumának térképészeti intézete keretében készített, a mesterséges holdak Doppleres bemérései alapján meghatározott geoid távlati képe.

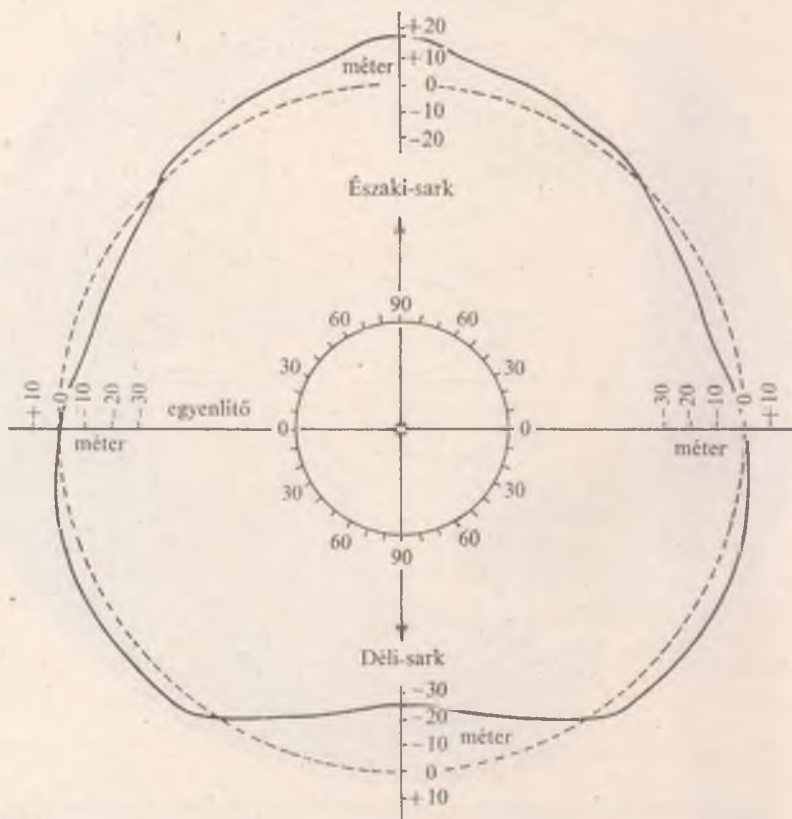
szolgálja (ahol kevés gravimetriai adat van). A földi nehézségi gyorsulás mérések és a mesterséges holdak mérései alapján különösen az erőter rövidebb periódusú hullámaint kifejező, magasabb fokú együtthatók meghatározása remélhető. Kiemelendő a különböző magasságokban áthaladó mesterséges holdak együttes megfigyelése is (ide tartozik az *Apolló—Szojuz kísérlet*, valamint az *ATS-6* és a *GEOS-3* egyidejű megfigyelései; az utóbbiak közül az *ATS-6* 36 000 km-en, a *GEOS-3* csak kb. 1 000 km magasságban kering). Az alacsonyabban keringő műhold a magasabb fokú harmonikusok kimutatására alkalmas, az igen nagy magasságban áthaladó műhold erre már nem jó: így a két pályazavar különbségéből következtetések vonhatók le a Föld nehézségi erőterére. A fenti két kísérlet (műhold-műhold követés; *ATS-6—Apolló*, *ATS-6—GEOS-3*) éppen a két pályazavar különbségét adja közvetlenül.



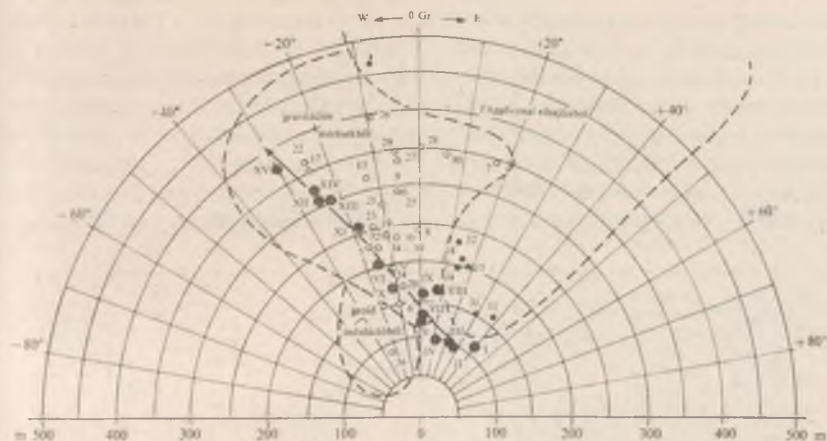
29. ábra. Az SE I geoid egyenlítői metszete, ahol $a = 6378173,6$ m a metszethez legjobban simuló ellipszis félnagyengelye, és $\bar{a} = 6378137,8$ m)

A mesterséges holdak megfigyelése alapján meghatározott geoid alak legnagyobb eltérése a forgási ellipszoidtól mintegy ± 100 m. A meghatározás megbízhatósága jelenleg $\pm 3-8$ m. Szembetűnő a pozitív és a negatív eltérésű területek ill. a szélső értékek helyének szabályos váltakozása a földrajzi hosszúság függvényében. Különösen szembetűnő ez akkor, ha a geoidról egyenlítői metszetet szerkesztünk (29. ábra). A metszet eltérése a körtől a három különböző tengelyhosszúságú ellipszoid lehetőségét vetette fel. A geoid eltérése a forgási szimmetriától mindenképpen belső okra, a Föld tömegelrendezésében mutatkozó aszimmetriákra utal.

Meridiánmetszetben szerkesztve meg a geoid eltéréseit a forgási ellipszoidtól kitűnik a földalak egyenlítői aszimmetriája is. A földalak az északi sarkon az ellipszis metszethez viszonyítva 14 m-rel kiemelkedik, a déli sarkon pedig mintegy 24 m-rel bemélyed (30. ábra).



30. ábra



31. ábra. A háromtengelyű Föld egyenlítői ellipszise nagy tengelyének iránya és lapultsága a mágneses dipólus (nagy pontok) és a geodéziai mérésekből (kis pontok) számítva.

A nehézségi erőter potenciálját kifejező U gömbfüggvénysor első tagja tartalmazza a GM szorzatot (a gravitációs állandónak a Föld tömegével való szorzatát), amelyet *geocentrikus gravitációs állandónak* nevezünk. Ennek alapvető jelentősége van a geodéziában is. A mesterséges holdak segítségével ez igen pontosan meghatározható. Ez azért jelentős, mert külön-külön egyik sem ismert nagy pontossággal. A nagy megbízhatóság csak a kettő szorzatára vonatkozik. Legmegbízhatóbb értéke

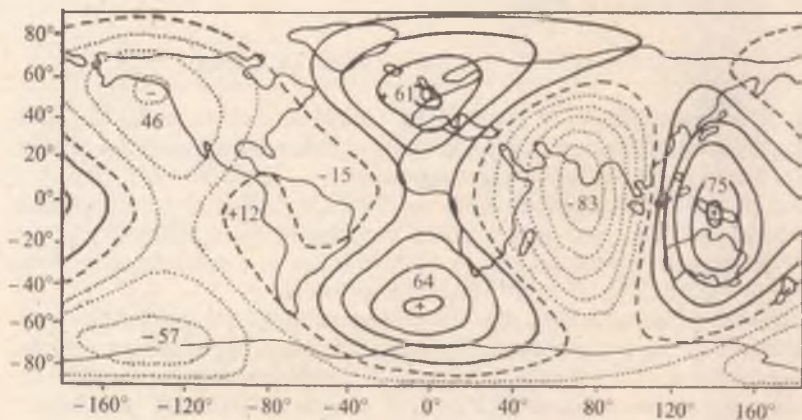
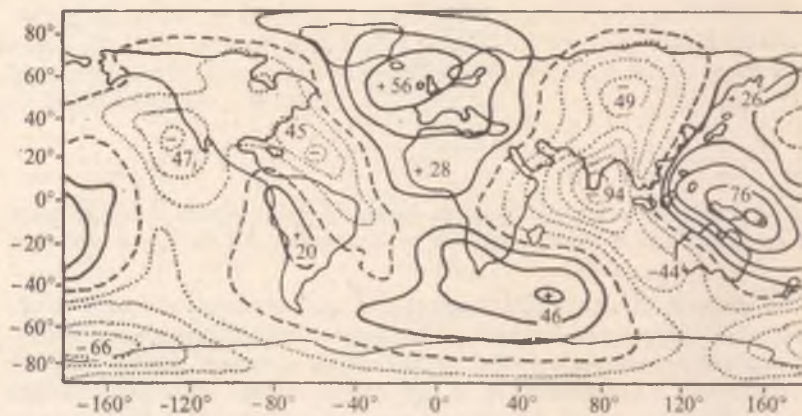
$$3,986005 \times 10^{14} \text{ m}^3 \text{ s}^{-2} < GM < 3,986015 \times 10^{14} \text{ m}^3 \text{ s}^{-2}$$

határok közé szorítható. A Nemzetközi Uniók, az *IAU* és az *IUGG* (International Union of Geodesy and Geophysics = Nemzetközi Geodéziai és Geofizikai Unió) a GM -re, a légkörrel együtt $GM = /3986005 \pm 3/ \times 10^8 \text{ m}^3 \text{ s}^{-2}$ értéket, a légkörre önmagában $GM_L = /35 \pm 0,3/ \times 10^7 \text{ m}^3 \text{ s}^{-2}$ értéket fogadtak el. Itt említjük meg, hogy a geoidi potenciálra $U_0 = /6263683 \pm 5/ \times 10 \text{ m}^2 \text{ s}^{-2}$, az egyenlítői félátmérőre $r_a = 6378140 \pm 5 \text{ m}$, és a lapultság reciprokára pedig $1/a = /298257 \pm 1,5/ \times 10^{-3}$ értéket fogadtak el.

Amennyiben ismert a GM , akkor a geoid potenciáljának ismeretében meghatározható annak a gömbnek az R_0 sugara, amelynek éppen akkora a potenciálja a felszínen, mint a geoidé. Ez alapvető fontosságú *hosszmérték* együtttható. Ismerete lényegesen egyszerűsíti a geoidra vonatkozó feladatok megoldását: pl. geoid-magasságok, függővonalhajlások, stb. Továbbá az R_0 valamint a szférikus együttthatók és a Föld forgási szögsebessége ($\omega = 7292115 \times 10^{-11} \text{ rad/sec}$) ismeretében számíthatók a geoidhoz legjobban simuló ellipszoid pa-

ramétereit: az a fél nagytengely, α a közepes sarki lapultság, α_1 a közepes egyenlítői lapultság és λ_a a fél nagytengely meridiánjának hosszúsága (3. táblázat).

A kozmikus geodézia *kombinált megoldása* (a mesterséges holdakat megfigyelő állomások geocentrikus koordinátái és a szférikus harmonikusok meghatározásával együtt) a Föld tömegközéppontjának meghatározását is biztosítja. Amennyiben a különböző megoldások eredményeit vizsgáljuk, a tömegközéppontra kapott koordináták között mintegy 10—30 m-es eltérés tapasztalható. Oka egyrészt a nehézségi erőter paramétereinek és más állandóinak időbeli változása,



32/a. ábra. A mesterséges holdak beméréseiből meghatározott SE I (1966) geoid térkép-szerű ábrázolása.

32/b. ábra. Két forgásszimmetrikus alakból összetett geoid.

Föld- modellek	GM elfogadott értéke [$10^{-6} \text{m}^2 \text{s}^{-2}$]	W_2 [$10^{-6} \text{m}^2 \text{s}^{-2}$]	R. [m]	a [m]	$1/\alpha$	$1/\alpha_0$	λ_a
SE I	398 603.2	62 637.23	6 363 675	6 378 141	298,257	94 000	14,8°Ny
SE II	601.3	636.96	673	139	.258	92 800	14,8°Ny
SE III	601.3	636.99	673	139	.255	93 738	14,95°Ny
GEM 3	601.3	636.89	683	148	.256	92 047	14,9°Ny
GEM 4	601.3	636.89	682	148	.256	92 047	14,9°Ny
GEM 5	601.3	636.91	681	147			
GEM 6	601.3	636.92	679	145			

3. táblázat — Az SE I—III valamint a GEM 3—6 geoidok és a hozzájuk legjobban
simuló háromtengelyű ellipszoidok paramétereit a csehszlovák Bursá
professzor számításait alapján.

de feltétlenül beleszól ebbe a különböző referencia rendszerek definíciójának problémája, a felhasznált megfigyelési adatok közötti eltérések is.

A nehézségi erőter és a Föld egyéb fizikai tulajdonságainak szoros összefüggéseire mutat, hogy a szintfelületek egyenlítői torzultságának iránya megegyezik a földmágneses tér külpontosságának irányával. Ez a tény gravitációs oldalról erősíti meg azt a feltételezést, hogy a mágneses dipólus külpontossága nagymértű tömegexcentricitással függ össze, és a mágneses tér évszázados változása ennek az excentrikus tömegnek a vándorlását jelzi (31. ábra). Az ezzel kapcsolatos vizsgálatokkal és a geoid alak mélyebb fizikai értelmezésével foglalkozik *Barta György*. Vizsgálatai során ugyanis kiderült, hogy a látszólag bonyolult geoid csak két forgásszimmetrikus alak összege. Az egyik elliptikus forma forgási tengelye a mágneses dipólus külpontosságának irányába, Ausztrália felé, a másik ugyancsak forgásszimmetrikus, de nem elliptikus forma pedig az előbbire közel merőlegesen India felé mutat. Viszont az jól ismert, hogy a mágneses dipólus éppen India felé mozog és ott az évszázados mágneses változásnak egy jelentős szimmetriapontját alakítja ki. Mindezekből pedig következik, hogy az egyik forgásszimmetrikus forma a Föld belső magjának külpontossága által okozott sztatikus, a másik ennek a tömegnek a mozgása által okozott dinamikus deformáció. A teljes geoid alak ennek a két deformációnak az összege (32. a, b ábra). Az elméleti és a mért geoid képek nagyfokú hasonlósága mellett észrevehető, hogy az északi és déli félteke pozitív és negatív anomáliarendszereinek tengelyei a mért térképen az egyenlítő vonalára nem merőlegesek. A jelenség arra mutat, hogy a ható az egyenlítő síkján kívül esik.



33. ábra. A geoid felszíni hatók által okozott részének térképszerű ábrázolása.

A Föld belsejében levő tömeginhomogenitás tanulmányozása során *Barta György* arra a megállapításra jut, hogy a geoid alakját valójában a felszíni tömeginhomogenitások valamint a belső mag külpontossága és mozgása határozza meg. Hatásuk szétválasztása a geoidban geodinamikai szempontból lenne lényeges, mert a geoid alaknak a belső mag mozgékony tömegeihez kapcsolódó összetevője az évszázados mágneses változáshoz mutathat hasonló változást. A felszíni tömegekhez kötött része pedig csak geológiai korok során mérhető, lassú változásokat mutat. A geoidnak a felszíni hatók által okozott részét a 33. ábrán láthatjuk. A maradék geoid alak jól mutatja a fő felszíni formákat. A nagy hegrendszer pozitív, az óceánok pedig negatív anomáliával jelentkeznek. A kép vizsgálatából kiderül, hogy a geoidundulációknak kb. egyharmadát a felszíni és kétharmadát a magban levő mély hatók okozzák.

Végül ismét kiemeljük: a gömbfüggvénysor együtthatóinak meghatározása több szempontból is lényeges. Ezek számszerű ismeretében ugyanis mód nyílik tetszőleges földrajzi helyen kiszámítani a nehézségi erőter potenciálját. Ennek ismeretében válik lehetségessé pl. a mesterséges égitestek kellő pontosságú pályáraállítása is. Mint láttuk, a potenciál gömbfüggvénysorának ismerete lehetővé teszi a Föld elméleti alakjának (a geoidnak), de tetszőleges külső szintfelületei alakjának tanulmányozását is. Tágabb értelemben a kozmikus geodéziai vizsgálatok hozzájárulnak a Föld belső szerkezetének, mozgásának, geometriai és dinamikai változásainak jobb megismeréséhez. A földi és Holdon elhelyezett műszerek közötti távolságmérések, valamint a hosszú földi bázisok a csillagászati egység pontosabb meghatározásához is vezetnek. Ennek részben égi-mechanikai, csillagászati; részben pedig űrkutatói és űrrepülési szempontból van nagy jelentősége.

A Hold geometriai és dinamikai felmérése

A Hold alakjára és nehézségi erőterére vonatkozó ismereteink is állandóan javulnak. Nagy előrehaladást jelentettek az *Apolló 15—17* által kidobott holddacskák pályazavarainak megfigyelései, az *Apolló 15—17* metrikus kamerái, az *Apollók* keringő egységeiben elhelyezett altiméter-rendszerek mérései, valamint a Földről folyamatosan végzett lézeres távolság- és alkalmanként végzett rádió interferométeres mérések.

A Hold nehézségi erőterének gömbfüggvény-együtthatói $n, m = 3$ -ig megbízhatóan ismertek. Az első jó megoldás a 2700—6000 km magasan, a Hold mesterséges holdjaként keringő *Lunar Orbiter-4* követéséből származik, amelyből igen megbízhatóan lehetett az alacsonyabb rendű együtthatókat meghatározni. A magasabb fokú harmonikus-együtthatókra is több megoldás ismert, bár értékeik között eltérések vannak. A Hold nehézségi erőterének eddig 192 harmonikus-együtthatója ismert ($n, m = 13$ -ig). Legjobban „bemért” része a Földhöz közelebbi oldalán van (0° — 10° É; 50° Ny— 40° K része), ahol az *Apolló*-



33. a ábra. A Hold ekvipotenciális felülete az $n, m = 13$ -ig terjedő gömbfüggvény-együtthatók alapján. Két szomszédos szintvonal között 0,5 km-es magasságkülönbség van.

16 által kibocsátott holdacska a Hold felszíne fölött 30 km-nél alacsonyabban keringett. Mérései alapján a Hold Földhöz közeli oldalára az ún. *masconok* a legjellemzőbbek. Mint ismeretes, egy mascon a Hold felszíne alatt található nagyobb fajsúlyú tömegek koncentrációja. A mesterséges holdak pályazavarainak megfigyeléséből nyert szintfelületeknek az ismert topográfiával való egybevetésekor kiderült, hogy a nagy medencék (az ún. hold-tengerek) vidékén 100—200 milligalnyi pozitív anomáliák vannak. Tekintve, hogy e medencék inkább bemélyedések, mint kiemelkedések a Hold felszínén, fel kellett tételezni, hogy felszínük alatt nagyobb fajsúlyú tömegek együttese szerepel.

A Hold nehézségi erőtere lényegesen különbözik a Földétől abban, hogy ott a második tag, a J_2 ($J_2 = 207,070$) nem olyan uralkodó, mit a Földnél ($J_2 = 1082,628$), ahol ez legalább két nagyságrenddel nagyobb mint a többi együttható



34. ábra. Az Apolló 11 leszállási helyén átmenő szintfelületnek a hozzá legjobban simuló ellipszoidhoz viszonyított eltéréseit láthatjuk térképszerű ábrázolásban (a Hold Földhöz közeli oldalán).

(4. táblázat). Így a sor konvergenciája különösen problematikus, mivel a magasabb harmonikus-együtthatók aránylag nagyok. A páros és páratlan indexű, magasabb fokú zonális harmonikus-együtthatók 2—3 nagyságrenddel nagyobbak, mint a Föld esetében. A tesszerálisok is nagyságrendekkel nagyobbak, mint a Földnél. Ez nagyobb felszíni hatókra utal. A nehézségi erőter leírására új, még alkalmasabb matematikai modellek bevezetése szükséges.

A GM ún. szelenocentrikus konstans meghatározásának pontossága is egyre javul. Értéke az Apolló 11—12 leszállási helyein $4902,75 \times 10^9 m^3 s^{-2}$ valamint $(4902,716 \pm 0,1) \times 10^9 m^3 s^{-2}$.

$\times 10^{-4}$	Föld	Hold	Mars	Vénusz	Merkur
J_2	1082.628 ± 0.002	207.070	1960.02 ± 18.3	$10^{-3} > J_2$	
J_3	-2.538 ± 4	6.303	10.75 ± 11.1		
J_4	-1.593 ± 7	7.459	-32.17 ± 7.3	$> 10^{-4}$	
J_5	0.502 ± 14	1.078	10.61 ± 24.15		
J_6	-0.361 ± 15	-24.080			
J_7	-0.100 ± 23	1.543			
J_8	-0.118 ± 20	26.550			
J_{10}	-0.354 ± 25	24.600			
J_{11}	0.202 ± 35	57.720			
J_{12}	-0.042 ± 27	-32.99			
J_{13}	-0.123 ± 49				
J_{14}	-0.073 ± 28				
J_{15}	-0.174 ± 61				
J_{16}	0.187 ± 26				
J_{17}	0.086 ± 65				
J_{18}	-0.231 ± 22				

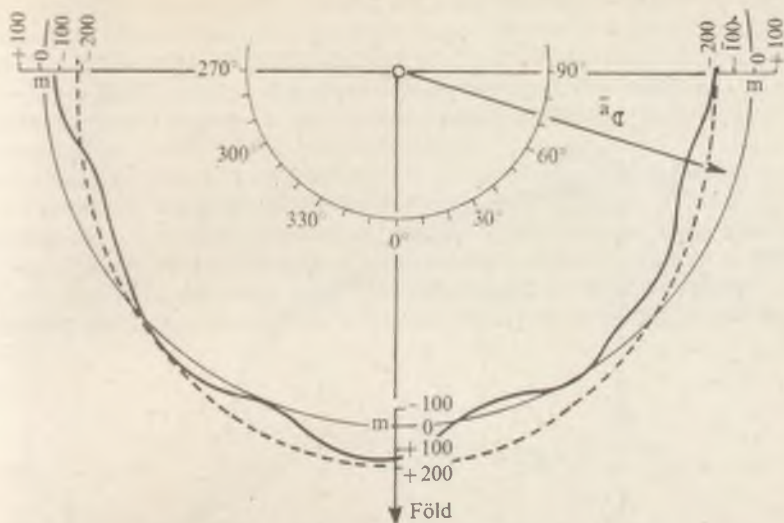
n	m	C_{2nm}	S_{2nm}	C_{4nm}	S_{4nm}	C_{6nm}	S_{6nm}	C_{8nm}	S_{8nm}
2	1			-0.4425	-4.5730				
2	2	2.48785	-1.36442	22.4200	0.2119	-54.67 ± 0.4	29.96 ± 0.4		
3	1	2.11888	0.18481	24.3700	2.3010	3.10 ± 15.5	15.84 ± 15.6		
	2	0.29500	-0.18629	5.0160	2.3010	-7.73 ± 0.9	4.01 ± 1.0		
4	3	0.71237	1.55686	1.6570	-0.6798	4.47 ± 1.3	2.72 ± 1.3		
	1	-0.51597	-0.44928	-5.7320	6.8020	3.21 ± 14.6	-1.04 ± 14.6		
	2	0.06650	0.14876	-0.9628	-1.5050	2.05 ± 1.3	-1.87 ± 1.3		
	3	0.05770	-0.00969	0.3332	-0.5601	0.06 ± 0.9	-0.18 ± 0.9		
	4	-0.09956	0.38619	-0.1097	0.14360	0.19 ± 0.08	-0.10 ± 0.08		

4. táblázat — A belső bolygók és a Hold szférikus harmonikus együtthatói. A zonális együtthatókat a Föld esetében csak J_{10} -ig (az SE II alapján) adtuk meg, a többi égitestnél ameddig ismert. A teszterális és szektoriális harmonikusokat is csak $n, m = 4$ -ig az összehasonlítás kedvéért (a Föld esetében a GRIM-2 alapján) adtuk meg.

	Az Apollók leszállási helyei		δ [mgal]	W [$10^6 \text{m}^2 \text{s}^{-2}$]	GM [$10^6 \text{m}^2 \text{s}^{-2}$]	a [m]	1/a	1/a ₁	A _K [°]	R ₀ [m]
	φ	λ								
A11	0°41'15"	23°26'	162 822 ± 13	2825.393	4902,750	1 735 559	2622	7436	0,3	1 735 256
A12	-3°18'13"	36°35'	162 683	2824,512	4902,716 ± 0,10	1 736 080	2620	7440	0,3	1 735 787

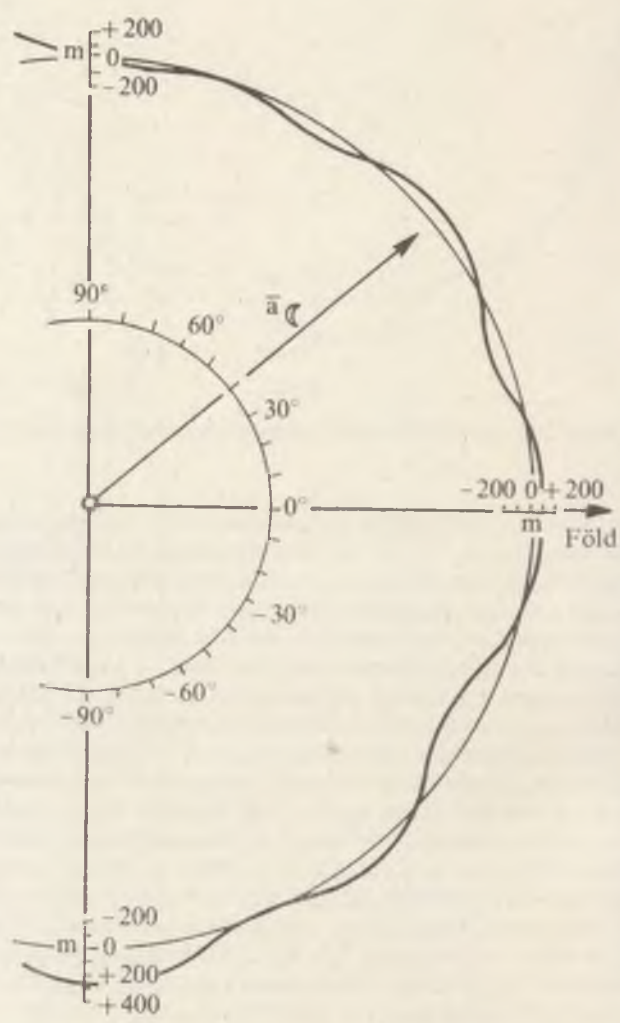
5. táblázat

Az Apolló 11—12 leszállási helyein mért abszolút gravitációs gyorsulás mérések, a leszállási helyeken átmenő szintfelületek és a hozzájuk legjobban simuló háromtengelyű ellipszoidok paraméterei ugyancsak Burša számításai alapján.



35. ábra. A szintfelület egyenlítői metszete (a közepes egyenlítői sugár $a = 1735442$ m)

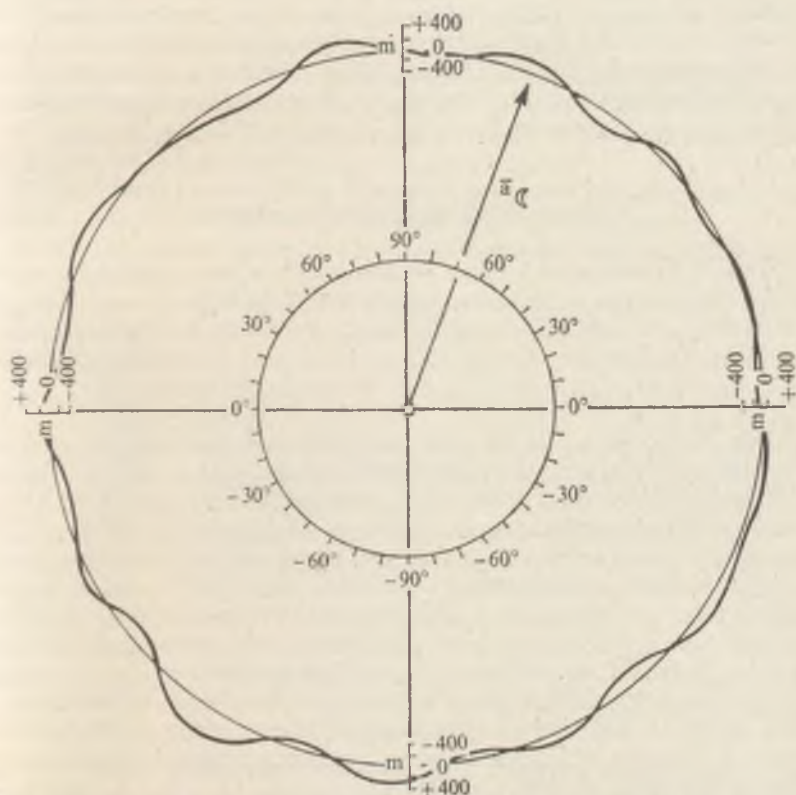
A fentiek alapján a szelenodézia foglalkozhat a Hold nehézségi erőtere potenciáljának számításával. Az ún. *szelenoid* potenciáljával nehézségek vannak, mivel maga a definíció nem világos: az ún. hold-tengerek nem részei a szintfelületeknek és egy a Holdat jól jellemző nívófelület kiválasztása még problematikus. Kiindulásképpen az Apolló-űrhajók leszállási helyein átmenő szintfelületeket határozhatjuk meg vonatkoztatási felületként, hiszen a leszálló-helyeken végzett abszolút nehézségi gyorsulás mérésekből és az $n, m = 13$ rendig terjedő gömbfüggvény-együtthatókból kiszámíthatjuk a Hold-potenciált ezeken a helyeken. A GM és a potenciál felhasználásával az R_0 hossz mérték-együtthatót határozhatjuk meg. E szelenodéziai állandók pedig a holdi referencia-ellipszoid megadását teszik lehetővé. Pl. az Apolló 11–12 leszállási helyein átmenő szintfelületekhez legjobban simuló háromtengelyű ellipszoidok legvalószínűbb paramétereit foglaltuk össze az 5. táblázatba. A 34. ábrán az Apolló 11 leszállási helyén átmenő szintfelület eltéréseit láthatjuk a hozzá legjobban simuló ellipszoidhoz képest, térképszerű ábrázolásban. Megszerkesztve a szintfelület egyenlítői (35. ábra) és pl. a $\lambda = 0^\circ$ valamint $\lambda = 90^\circ$ (270°) hosszúsághoz tartozó meridionális metszeteit (36/a, b ábra), kitűnik annak a geoidnál jóval szabálytalanabb jellege. A Hold sarki lapultsága $\alpha = 1/2620$ kisebb, mint a Földé $\alpha = 1/298$, viszont az egyenlítői lapultsága $\alpha = 1/7400$ nagyobb, mint a Földé $\alpha = 1/94000$.



36. a ábra. A $\lambda = 0^\circ$ hosszúsághoz tartozó meridióndílis metszet.

[A további kutatások közül megemlítjük a Föld/Hold tömegarány értékének javítását is. Ez az érték $81,3022 \pm 0,0016$. A *Mariner-2*, a *Ranger-6* és *7* méréseiből $81,3015 \pm 0,0034$, $81,30362 \pm 0,0023$ és $81,30439 \pm 0,0028$ érték adódott. A Föld és Hold együttes tömegének a Naphoz viszonyított arányát is eléggé pontosan meghatározták a mesterséges holdak pályáinak beméréseiből: a tömegarányra $328900,2 \pm 0,4$ értéket kaptak.

Az Apolló-11,12 és 15 által elhelyezett visszaverő tükrökre a Földről végzett folyamatos lézeres távolságmérések valamint az Apolló-12, 14, 15, 16 és 17 által elhelyezett adókra alkalmanként végzett VLBI*-mérések pedig lehetővé tették a Hold librációjának igen nagy pontosságú meghatározását is. E mérésekből és a Hold nehézségi erőterének gömbfüggvény-együtthatóiból a Hold tehetetlenségi nyomatékainak hányadosára $C/MR^2 = 0,395 \pm 0,005$ értéket kaptak.



36. b ábra, $A \lambda = 90^\circ (270^\circ)$ hosszúsághoz tartozó meridióális metszet

A Hold geometriai felmérésében az Apolló 15—17-nek ± 2 m megbízhatóságú lézer-altiméteres mérései jelentették a lényeges előrehaladást. Ezekből az adatokból megállapították, hogy a Hold tömegközéppontja 2,5 km-rel keletre, a 24° -os meridiánban van a geometriai középponthez képest.

A Hold felszínének kb. 20%-áról igen részletes topográfiai adatokat nyertek az Apolló-űrhajók Hold körül keringő egységeinek metrikus kamerái. A fotogrammetrikus ellenőrző hálózatok minden 900 km^2 -nyi területen ± 30 m relatív pontosságú pontokból állnak, amelyek abszolút pontossága valamivel kisebb. Az Apolló-felvételekkel, a mintegy 51 000 kép alapján végeztek háromszögelést a Holdon. A felvételeket csillagászati úton tájolták. 537 felvételnél a lézer-altiméteres méréseket is felhasználták. A pontok koordinátáinak középhibája abszolút értelemben mintegy ± 45 m.

A Holdra vonatkozó lézeres távolságméréseknek fontos szerepe van a földi háromszögelési hálózatok javításában, a Föld forgássebességének pontosabb meghatározásában és a Föld pólusmozgásának állandó megfigyelésében. Célszerűnek mutatkozik a Föld felületén egyenletesen elhelyezett lézeres távolságmérő állomásrendszer kiépítése. Ezek a Holdon elhelyezett lézer-tükrökre végeznének folyamatos távolságméréseket. A Föld egyes jellemző paramétereinek állandó változásait lehetne így kimutatni.

A Marsra vonatkozó űrkutatási eredmények

A Mars első mesterséges holdja a *Mariner-9* volt. A Mars nehézségi erőterét először csupán ennek pályamódosulásából határozták meg.

A Tharsis környezetében tömegkoncentrációt találtak. E meghatározás alkalmával a lapultságra $\alpha = (5,24 \pm 0,02) \times 10^{-3}$, azaz $\alpha = 1/190,84$ értéket kaptak. A $J_2 = (1960 \pm 10) \times 10^{-6}$, $C_{22} = -(51,0 \pm 2) \times 10^{-6}$ és az $S_{22} = (34 \pm 2) \times 10^{-6}$.

A Mars nehézségi erőterének még pontosabb meghatározását jelenti az a megoldás, amelynek során a *Mariner-9* pályamódosulásának megfigyeléséhez a *Phobosról* és a *Deimosról* készült 62 db TV-felvételt is bevonták. Így a Mars nehézségi erőterének gömbfüggvényesora $n, m = 6$ -ig ismert (4. táblázat). Az alacsonyabb fokú tesszerálisok és a J_2 igen jól egyezik a korábbi értékekkel. A magasabb fokú harmonikus-együtthatók bizonytalanok, kiszámításuk teljesen formális. Az eredmény kb. $n, m = 3$ -ig reális. A Mars nehézségi erőterének meghatározása a *Mariner-9* pályamódosulásából mégis jóval megbízhatóbb, mintha a *Phobos* és *Deimos* földi megfigyeléséből végezték volna. A 37. ábra a Mars ekvipotenciális felületét mutatja be az $n, m = 6$ -ig meghatározott együtthatók alapján. A térképszerűen látható szintfelület potenciálja GM/R . Az ábra jól egyezik a korábbi eredményekkel, pl. a szintfelület legnagyobb kiemelkedései a *Tharsis* és a *Hellas* környékén található.

A Mars GM gravitációs konstansára a *Mariner-9* különböző megoldásaiból

kapott értékek ($42828,2 \pm 1,0$; $42828,5 \pm 0,4$ és $42828,1 \pm 0,5 \text{ km}^3 \text{s}^{-2}$) jól egyeznek a Mariner-4 ($42828,3 \pm 0,1 \text{ km}^3 \text{s}^{-2}$) és a Mariner-6 méréseiből meghatározott $42828,0 \pm 2,0 \text{ km}^3 \text{s}^{-2}$ értékekkel.

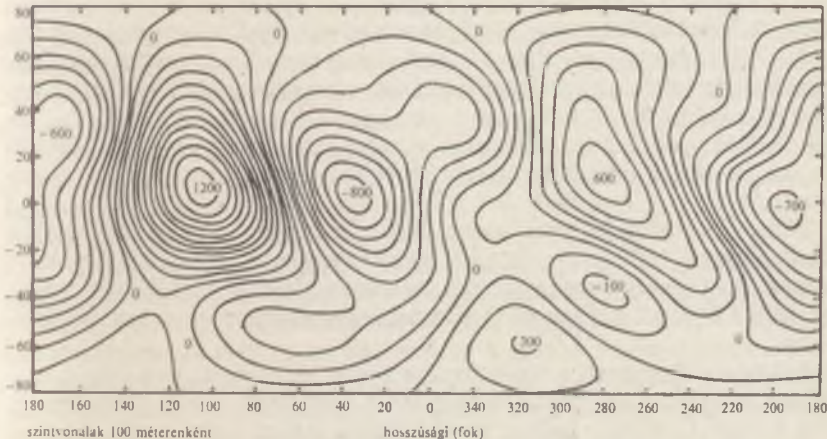
A Mars Naphoz viszonyított tömegaránya a Mariner-4 mérései alapján 3098710 ± 50 .

A Mariner-9 rádió-okkultációs adataiból a közepes egyenlítői sugárra $3397,2 \pm 1 \text{ km}$, a közepes sarki sugárra pedig $3375,5 \pm 1 \text{ km}$ értéket kaptak. Ebből a lapultságra $a = (6,4 \pm 0,3) \times 10^{-3}$, azaz $a = 1/156,25$ érték adódott. Érdeemes megemlíteni, hogy az 1954–56 és 58-as Mars-közelségek idején francia csillagászok vizuális méréseket végeztek a Mars méretének meghatározására. Azt találták, hogy a bolygó sarki átmérője 80 km -rel kisebb az egyenlítői átmérőnél. A méréseknél számításba vették a Mars légkörének zavaró hatását, az eredményekből ezért 30 km -t leszámítottak. Eredményeik szerint a Mars egyenlítői átmérője 6790 km (Mariner-9 alapján $6794,4 \text{ km}$), sarki átmérője pedig 6710 km (Mariner-9 alapján 6751 km). A lapultságra $1/85,4$ -et kaptak. Mint látjuk, a sarki átmérő meghatározásában tévedtek sokat.

A Mariner-9 méréseiből a Mars forgástengelyének irányát is meghatározták, amelyre $\alpha_{(1950)} = 317,3^\circ \pm 0,1^\circ$ és $\delta_{(1950)} = 52,7^\circ \pm 0,1^\circ$ értékeket nyertek. Ennél lényegesen pontosabb meghatározást a Viking-1 és 2 mérései biztosítottak: $\alpha_{(1950)} = 317,340^\circ \pm 0,006^\circ$ és $\delta_{(1950)} = 52,710^\circ \pm 0,004^\circ$.

A Mars forgási sebességére a Viking-1-2 méréseiből nagyon pontos értéket kaptak: $350,891986 \pm 0,000010^\circ/\text{nap}$, azaz $24^{\text{h}}37^{\text{m}}22.663^{\text{s}} \pm 0,004^{\text{s}}$.

A Viking-1-2 közel háromhónapos rádiókövetéséből nemcsak a Mars forgá-



37. ábra. A Mars ekvipotenciális felülete az $n, m = 6$ -ig meghatározott gömbfüggvényegyütthatók alapján (a szomszédos szintvonalak között 100 méteres magasságkülönbség van).

si tengelyének helyzetét és a bolygó forgási sebességét határozták meg igen nagy megbízhatósággal, hanem a Viking-1-2 leszállási helyének koordinátáit is (6. táblázat).

6. táblázat

	r (km)	φ (°) É	λ (°) Ny
Viking-1	$3389,38 \pm 0,08$	$22,272 \pm 0,006$	$47,94 \pm 0,2$
Viking-2	$3381,88 \pm 0,22$	$47,669 \pm 0,006$	$225,71 \pm 0,2$

6. táblázat -- A Viking -1 -2 leszállási helyeinek koordinátái a Mars tömegközéppontjához rögzített koordináta-rendszerben.

A Vénusz és a Merkúr geodéziai paraméterei

A Vénusz és a Merkúr alapvető geodéziai paramétereinek meghatározásához a *Mariner-9* (1971) és *Mariner-10* (1973) mérései valamint *Goldstone*, *Haystack* és *Arecibo* obszervatóriumok radar mérései járultak hozzá.

Merkúr tömegének első, viszonylag pontos meghatározását a *Mariner-10* mérése biztosította 1974. márc. 29-én. Tömegének aránya a Naphoz képest 6023600 ± 600 -nak adódott. Ez jóval megbízhatóbb, mint a radar mérésekből korábban meghatározott 6039000 ± 15000 érték.

A *Mariner-10* 1974 végéig kétszer repült el a Merkúr mellett és több mint 6000 TV-képet sugárzott róla. Rotációs periódusára 60 fénykép alapján $58,661 \pm 0,017$ földi nap közepes értéket kaptak. Ez jól egyezik a legutóbbi radar mérésekből nyert értékekkel. A legutóbbi radar mérés $58,65 \pm 0,25$ földi nap (a legelső 1965-ben $59,0 \pm 5,0$ földi nap) értéket adta, a fotografikus megfigyelés pedig $58,6444 \pm 0,009$ -et eredményezett. A radar mérésekből még az is kiderült, hogy a Merkúr az egyenlítője mentén km-es nagyságrendű magasságváltozásokat mutat.

Nehézségi erőterének paraméterei még nem ismertek. Várhatóan kevésbé lapult mint a Föld, hiszen rotációs periódusa elég kicsi; így a J_2 tömegfüggvénye is kicsi. A Merkúr közepes egyenlítői sugarára a *Mariner-10* rádió-okkultációs méréséből 2440 ± 2 km-nek adódott, amely jó egyezésben van a korábbi értékekkel.

A Vénusz tömegének a Naphoz viszonyított arányára az első megbízható értéket ($408523,9 \pm 1,2$) szintén a *Mariner-10* szolgáltatta, amely 1974. február 5-én haladt el a Vénusz mellett. Ez az érték jól egyezik a *Mariner-2* és 5 által meghatározott értékekkel. (408522 ± 5) ($408522,7 \pm 2$) Az első radar mérésekből $408598,1 \pm 25$ adódott a tömegarányra.

A Vénusz rotációs periódusára amerikai radar mérésekből $243,23 \pm 0,1$ földi

nap értéket nyertek. A mérésekből kitűnik továbbá, hogy a Vénusz egyenlítői környezetében kb. 6 km-es nagyságrendű magasságváltozások vannak.

A Vénusz nehézségi erőterének paraméterei részletesen nem ismertek. Annyi megállapítható, hogy a J_2 értéke 10^{-5} és 10^{-8} közé esik. Több kutató $J_2 = (-5,6 \pm 8) \times 10^{-8}$ ill. $J_2 = (-5,6 \pm 10) \times 10^{-8}$ értéket közölt. Ezt már azért sem lehet megbízhatónak tekinteni, mert a megbízhatósági mérőszám nagyobb, mint maga a J_2 . Mint az jól ismert, a J_2 a bolygó lapultságát reprezentálja; így ebből is világosan látható, hogy a Vénusz alig lapult égitest, ami lassú forgásával is jól magyarázható. Egyébként a belső bolygók közül a Mars a legjobban lapult ($J_2 = 1960,02$), majd a Föld ($J_2 = 1082,628$) és a Hold ($J_2 = 207,070$) következik utána. A teljesség kedvéért a Naprendszer bolygóira vonatkozó lapultságot és az ezzel szorosan összefüggő fizikai paramétereket a 7. táblázatban foglaltuk össze.

A kozmikus geodézia várható fejlődése

A kozmikus geodézia, bár még nem merítette ki minden lehetőségét, (főleg a pontosság terén) máris magával hozta a geodéziai alapfeladatok és problémák újrafogalmazását (geo- szeleno- és bolygócentrikus helymeghatározás, nehézségi erőterek, bolygók alakjai, stb.). A Föld és a Hold nehézségi erőterének részletesebb és mélyebb értelmű megismerése és változásainak vizsgálatai mellett további feladatai között a többi égitest (Merkur, Vénusz, Mars, Jupiter, Szaturnusz, stb. és ezek holdjainak) nehézségi erőterére vonatkozó, az eddigieknél jóval részletesebb vizsgálatok is szerepelnek. Ezekről a területekről olyan kevés adat áll rendelkezésre, hogy az elkövetkező időben bőven van mit kutatni. A megbízhatóbb ismeretekhez a zárt-pályájú, különböző inklinációjú és magasságú mesterséges holdak mérései vezetnek. A közeli jövőben a műhold-műhold követési technika alkalmazása várható a Holdra, a Hold és a belső bolygók vizsgálatára, pedig a gravitációs gradiometria bevezetése. A külső bolygók körül is mesterséges holdak méréseire lehet számítani. Így jelentős előrehaladás lesz a belső és külső bolygók ellipszoidi alakjainak megismerésében is. A Földről a különböző égitestekre végzett radar méréseket is fokozni fogják.

A kozmikus geodézia sajátos módszereivel és eszközeivel a *planetológiai* kutatásokhoz járul hozzá. Ez a tudomány a bolygók minél tökéletesebb megismerésére, a kapott eredmények összehasonlítása révén a bolygók és az egész Naprendszer keletkezésének megértésére törekszik. A kozmikus geodézia ebben a bolygók alakjának, méreteinek és nehézségi erőterének minél pontosabb meghatározásával, valamint belső szerkezeti felépítésük és folyamataik egyre megbízhatóbb felmérésével jelentős szerepet vállal.

Bolygók	J_2 $\times 10^{-4}$	α	A bolygó rotációs periódusa	A bolygó sugara km	Átl. sűrűség	Felsz. grav. gyor.
Merkur	?	?	58,646 ^d	2 439	5,44	370
Vénusz	(-5,6 ± 8) ?	?	243,1 ^d	6 200	5,23	844
Föld	1 082,628 ± 0,002	1/298,255	23 ^h 56 ^m	6 378	5,52	982
Hold	207,070	1/2620	27 ^d ,322	1 738	3,33	162
Mars	1 960,020 ± 18,3	1/156,25	24 ^h 37 ^m	3 419	3,93	372
Jupiter	14 720 ± 40	1/16,7	9 ^h 51 ^m	71 600	1,31	2288
Szaturnusz	16 670 ± 20	1/9,3	10 ^h 36 ^m	60 000	0,70	905
Uránusz	12 000	1/33	10,8 ^h	25 400	1,31	830
Neptunusz	4 100 ± 400	1/38,6	15,8 ^h	24 750	1,66	1100
Plutó	?	?	6 ^d 9 ^h 17 ^m	3 200	4,90	430

7. táblázat — A Naprendszer nagybolygóinak J_2 másodrendű zonális harmonikus együtthatói 10^{-6} egységben, lapultságai és néhány fizikai paramétere az eddigi kutatási eredmények alapján.

A NAPSZÉL ÉS A FÖLD- TÍPUSÚ BOLYGÓK KÖLCSÖNHATÁSA

Bevezetés

Az 1950-es évek tudósai a távoli csillagok életéről, fejlődéséről sokkal többet tudtak, mint a Naprendszeren belüli fizikai jelenségekről. Mivel a *bolygóközi térre* vonatkozó kísérleti adatok ritkák voltak, a fizikusok a tények zavaró hatása nélkül engedhették szabadjára képzeletüket; ma már fantasztikusnak ható elképzelések váltak általánosan uralkodóvá.

Érdekes módon egy egyszerű matematikai tévedés több évre meghatározta a bolygóközi tér kutatását. 1958-ban ugyanis *Parker* egy nagyon szellemes gondolatmenettel bebizonyította, hogy a Nap légköre nem lehet egyensúlyi állapotban; a napkorona *néhány száz km/sec* átlagos sebességgel állandóan kiáramlik a bolygóközi térbe. Nem sokkal később *Chamberlain* más alapokból kiindulva vizsgálta ugyanezt a problémát, de ő a *Parker* féle megoldást matematikai okokból — mint azóta bebizonyosodott, tévesen — kizárta és egy igen lassú (*néhány km/sec* sebességű) plazmaáramot jósolt. A *Parker* féle napszél és a *Chamberlain* féle napszellő hívei között ádáz — gyakran személyeskedésektől sem mentes — vita alakult ki, amely a 60-as évek elején zárult le a napszél létének kísérleti igazolásával. A nyugodt körülmények között a Föld távolságában megfigyelt átlagos napszélparamétereket tüntettük fel a 8. táblázatban.

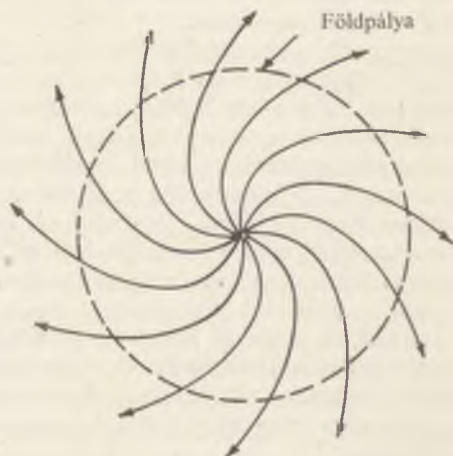
A napszél nem egyszerű plazmaáramlás, mert a bolygóközi plazma mágneses térrel is rendelkezik. A mágneses tér eredete a Nappal kapcsolatos. A Nap felszí-

8. táblázat

Áramlási sebesség	280 km/sec
Protonsűrűség	9 cm^{-3}
Proton hőmérséklet	$3 \cdot 10^4 \text{ }^\circ\text{K}$
Elektron hőmérséklet	$1,3 \cdot 10^5 \text{ }^\circ\text{K}$
Mágneses télerősség	$5 \cdot 10^{-5} \text{ gauss}$
Proton fluxus	$2,4 \cdot 10^8 \text{ cm}^{-2} \cdot \text{sec}^{-1}$
Kinetikus energiafluxus	$0,22 \text{ erg} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{sec}^{-1}$
Kinetikus energiasűrűség	$7 \cdot 10^{-9} \text{ erg} \cdot \text{cm}^{-3}$
Proton termikus energiasűrűség	$6 \cdot 10^{-11} \text{ erg} \cdot \text{cm}^{-3}$
Elektron termikus energiasűrűség	$1,5 \cdot 10^{-10} \text{ erg} \cdot \text{cm}^{-3}$
Mágneses energiasűrűség	$10^{-10} \text{ erg} \cdot \text{cm}^{-3}$

nén (ahol a korona kifelé irányuló áramlása kezdődik) mintegy 1 gauss erősségű mágneses tér található (ez persze lokálisan sokkal nagyobb tereket is jelenthet). Ezen a tartományon a plazma paramétereiből számított ún. relaxációs idő (amely alatt a plazma egy adott felületdarabján áthaladó mágneses fluxus jelentősen megváltozik.) igen nagy, így a bolygóközi térbe kiáramló plazma mintegy magával ragadja a mágneses teret. A Nap forgása miatt a mágneses erővonalak a 38. ábrán látható *arkhimédeszi spirális* alakot veszik fel.

A napszélben a hangsebesség a Föld távolságában mintegy 50 km/sec, ez kifelé haladva csökken, a Jupiternél kb. 25 km/sec-ra. A mágnesezett napszélplazma tehát szuperszónikus sebességgel áramolja körül a viszonylag lassan mozgó bolygókat. Az így kialakuló igen bonyolult kölcsönhatás bolygóról bolygóra erősen változó alakzatokat eredményez, az egyes bolygók belső mágneses terétől, légkörétől és méretétől függően. A 9. táblázat az egyes bolygók legfontosabb paramétereit és az ott észlelt átlagos napszélplazma értékeket (a külső bolygók esetén az elméleti jóslatokat) tartalmazza.



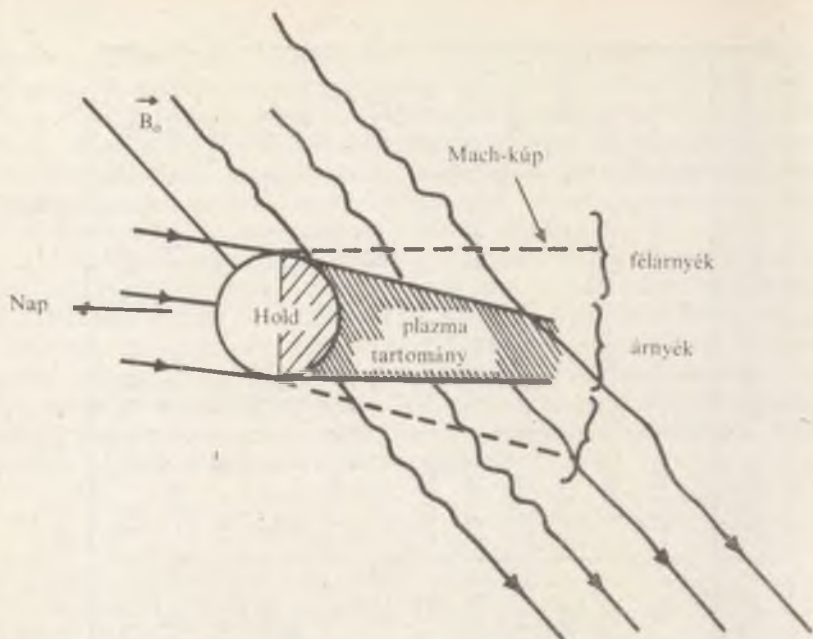
38. ábra.

Alapvető kölcsönhatási típusok

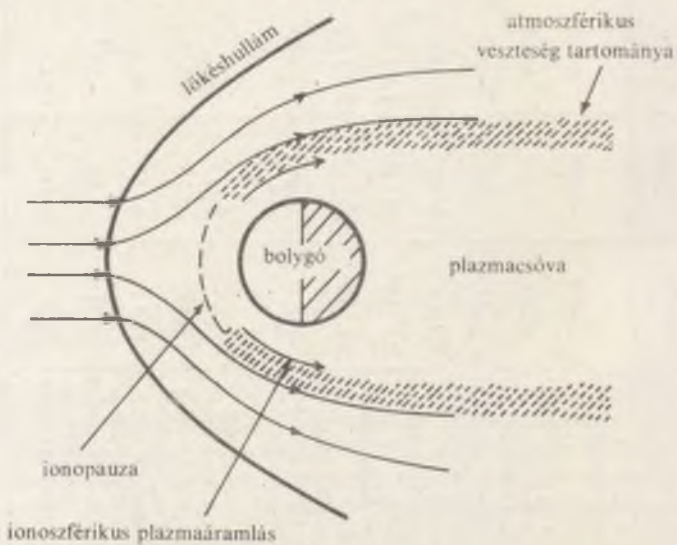
A napszél és egy bolygó méretű tárgy közötti kölcsönhatás akkor lesz a leggyengébb, ha a test (miként a Hold) nem rendelkezik olyan légkörrel, amely meg tudná állítani a napszelet (azaz a napszél és az atmoszféra nyomása nem tud egyensúlyba kerülni), valamint a test belsejének elektromos vezetőképessége sem elegendő egy jelentősebb másodlagos mágneses tér indukálásához. Ilyen típusú kölcsönhatást láthatunk a 39. ábrán.

A 40. ábrán azt az esetet ábrázoltuk, mikor a bolygónak nincs jelentős önálló

	Merkur	Vénusz	Föld	Mars	Jupiter	Szaturnusz	Uránusz	Neptunusz
Egyenlítői sugár (km)	2 400	6 050	6 378	3 380	70 850	60 000	25 400	24 750
Pálya fél nagytengely (Cs. E.)	0,387	0,723	1,000	1,524	5,203	9,540	19,18	30,07
Napszél sebesség (km/sec)	265	281	287	294	304	307	307	308
Protonok sűrűsége (cm^{-3})	71,6	19,4	9,88	4,19	0,346	0,102	0,025	0,010
Elektron hőmérsék- let ($^{\circ}\text{K}$)	$2,3 \cdot 10^5$	$1,6 \cdot 10^5$	$1,3 \cdot 10^5$	$9,7 \cdot 10^4$	$3,2 \cdot 10^4$	$1,5 \cdot 10^4$	$6 \cdot 10^3$	$3 \cdot 10^3$
Proton hőmérséklet ($^{\circ}\text{K}$)	$5,8 \cdot 10^4$	$4,0 \cdot 10^4$	$3,3 \cdot 10^4$	$2,4 \cdot 10^4$	$8,0 \cdot 10^3$	$3,8 \cdot 10^3$	$1,5 \cdot 10^3$	$8 \cdot 10^2$
Bolygóközi mág- ter (10^{-6} gauss)	24,7	8,26	5,00	3,12	0,72	0,39	0,19	0,12
Arkhimédészi spirál- szög (fok)	30	42	47	59	80	84	87	88
Napszélbeni hang- sebesség ($\text{km} \cdot \text{sec}^{-1}$)	63,2	52,5	46,9	40,6	23,5	16,2	10,2	7,2
Átlagos Mach-szám	4,19	5,35	6,12	7,24	12,9	18,9	30,1	42,8
Ekv./Emág.napszél- plazmában	17,3	47,2	68,4	78,0	130,	132,	139,	142,
Termikus és mágne- ses nyomás aránya	1,18	1,98	2,19	1,79	0,94	0,44	0,18	0,09
Proton termikus gyoro-rádiusz (km)	9,24	23,0	34,4	40,1	118	150	193	216



39. ábra.



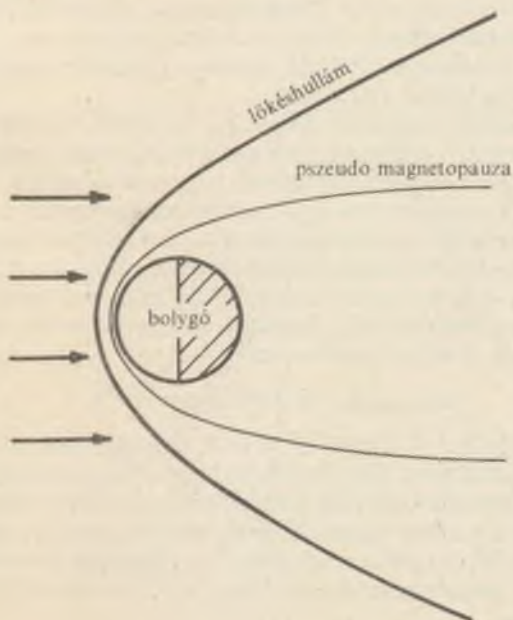
40. ábra.

mágneses tere, de elegendő légkörrel rendelkezik ahhoz, hogy a napszél nyomásával egyensúlyt tudjon tartani. Ez az eset áll fenn például a Vénusznál, amelynek igen jelentős légköre van (a felszínen mért nyomás közel 100 atmoszféra). A szuperszónikusan áramló napszél az atmoszférával való kölcsönhatás miatt a bolygó közelében szubszónikusá lassul, így megjelenik a bolygó előtt egy lökéshullám a napszélben.

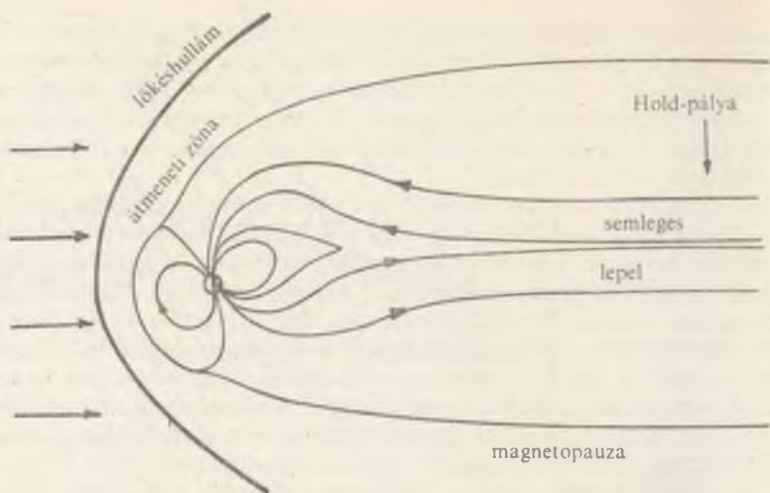
A 39. ábrán látható Hold típusú kölcsönhatás esetében a felszíni rétegek kicsiny elektromos vezetőképessége nem engedi, hogy egyensúlyi gerjesztés alakuljon ki a napszél és a bolygó között (azaz nem alakul ki permanens mágneses tér): a tranziens gerjesztés azonban időnként jelentős lehet. Olyan bolygók esetében, ahol a felszíni rétegek jó elektromos vezetők, egy egyensúlyi gerjesztésnek megfelelő mágneses tér alakulhat ki. Ilyen esetet ábrázoltunk a 41. ábrán. Ebben az esetben a felszíni vezetőképességtől függően a pszeudomagnetopauza igen közel kerülhet a bolygókhöz, sőt a napszél paramétereinek változásaitól függően akár a felszínt is elérheti, átmenetet képezve a 39. ábrán látható képződmény felé. Nagy valószínűség szerint ez valósul meg a Mars esetében.

A 42. ábrán a napszél — bolygó kölcsönhatás legjobban ismert esete, az ún. Föld-típusú kölcsönhatás látható. Itt a bolygó belső mágneses tere olyan erős, hogy a napszél ezzel tart egyensúlyt, messze az atmoszférától.

A továbbiakban vizsgáljuk részletesen az egyes bolygók illetve a Hold kölcsönhatását a napszéllel.



41. ábra.



42. ábra.

Merkur

A *Mariner-10* űrszonda 1974–75-ben háromszor közelítette meg a Merkurt. Az első és a harmadik alkalommal nyert értékes eredményeket a bolygó magnetoszféréjáról. A *Mariner-10* pályája, valamint a mérések alapján meghatározott magnetoszféra látható a 43. ábrán.

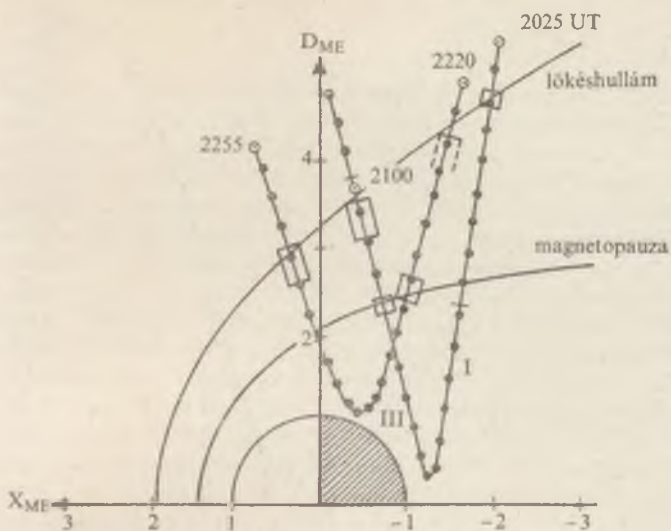
Az itt alkalmazott koordináta-rendszer X_M tengelye a Merkur középpontjától a Nap felé mutat, a másik tengelyen pedig az X_M körüli hengerkoordináta-rendszer síkbeli polártávolságát ábrázoltuk ($D_M^2 = Y_M^2 + Z_M^2$).

Látszik, hogy a magnetopauza és a lökéshullám nagyon közel van a felszínhez (a magnetopauza szubszoláris pontjának a Merkur középpontjától mért távolsága $1.45R_M$, ami bolygósugárral kifejezett egységekben kb. 7.5-szer kisebb, mint a Földnél). A bolygó saját (vagy indukált) mágneses tere úgy tekinthető, mint egy a bolygó középpontjába helyezett, az egyenlítővel 88° -ot bezáró mágneses dipólus tere. A mágneses momentum:

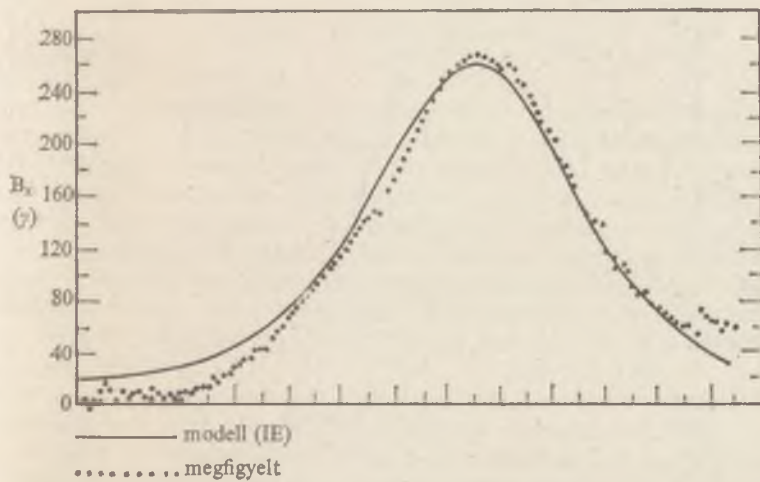
$$M_{\text{MERKUR}} = 3.9 \cdot 10^{22} \text{ gauss} \cdot \text{cm}^3$$

A 44. a, b, c ábrán a megfigyelt B_x , B_y és B_z értékeket tüntettük fel a modell jöslatával együtt (folytonos görbe); látható, hogy az egyezés igen jó.

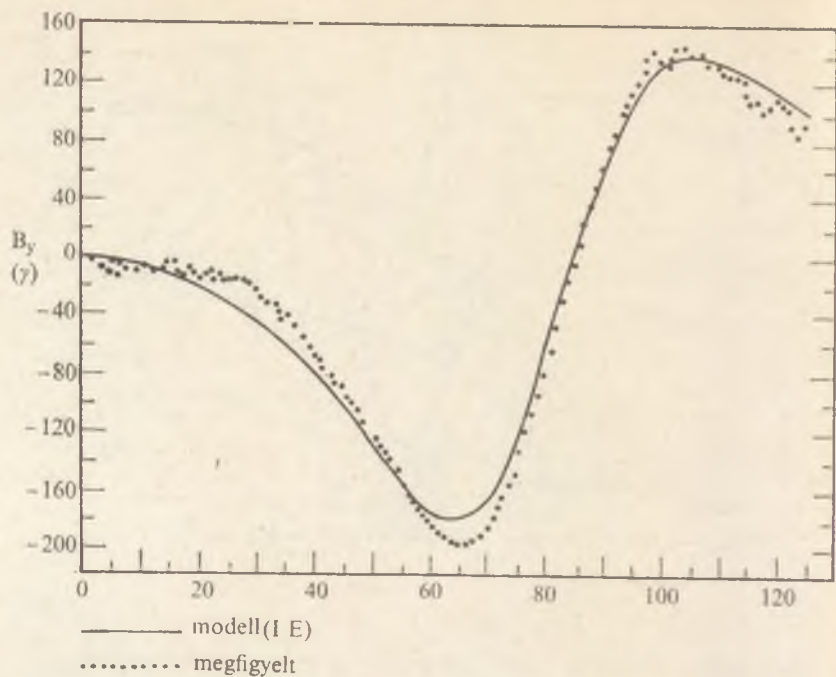
A Merkur magnetoszféréja leginkább a Föld magnetoszféréjával mutat rokonságot; több, a Földnél tapasztalt tartományt (sugárzási övezetek, plazmaszféra) sikerült a Merkurnál is megfigyelni. Ma még nehéz lenne megmondani, hogy a Merkur magnetoszféréja a 41. vagy a 42. ábrán látható alakzathoz hasonlít-e jobban.



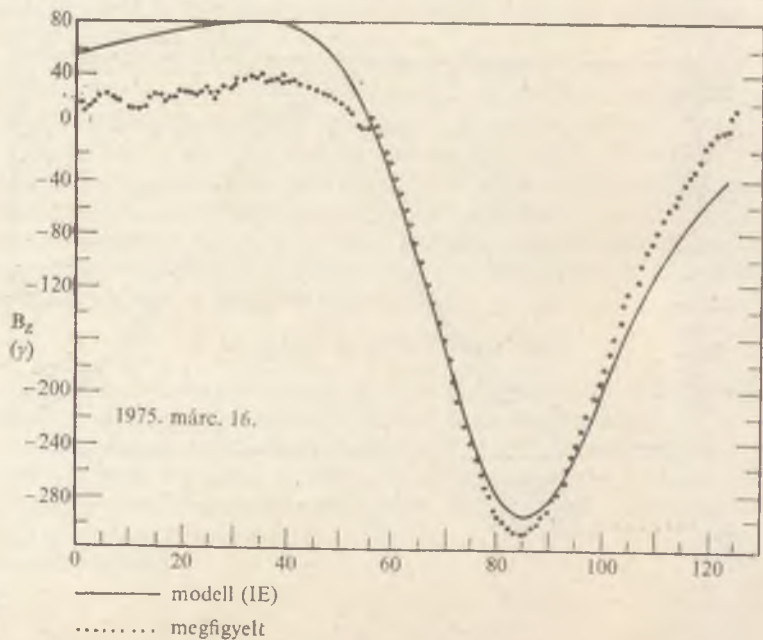
43. ábra.



44. a ábra.



44. b ábra



44. c ábra

A Földé mellett talán a Vénusz magnetoszféráját ismerjük legjobban. Ez természetes is, hiszen 1961 óta 10 szovjet és három amerikai űrszondát bocsátottak fel a Vénusz irányába. Az első — még csak felső korlátot adó — mérést 1962-ben a *Mariner-2* szolgáltatta, amely 6.6 bolygósugárra közelítette meg a Vénuszt, de sem a mágneses térben, sem a napszélben nem talált semmilyen, a bolygó és a napszél kölcsönhatására utaló jelet. Ebből a tényből a napszél mért adatainak ismeretében a bolygó mágneses momentumára egy $M_{VÉNUSZ} < 4 \times 10^{24} \text{ gauss} \cdot \text{cm}^3$ felső korlát adódott. 1967-ben egy szovjet (*Venyera-4*) és egy amerikai (*Mariner-5*) űrszonda közelítette meg a Vénuszt. (A *Venyera-4* belépett a bolygó légkörébe és ott elégett, a *Mariner-5* pedig a magnetoszférát átszelve továbbrepült.) A *Mariner-5* mérései alapján a bolygó belső mágneses momentumára adott felső korlátot csaknem két nagyságrenddel le lehetett szorítani; $M_{VÉNUSZ} < 8 \times 10^{22} \text{ gauss} \cdot \text{cm}^3$ adódott (ez a bolygó felszínén kb. 0,00036 gauss nagyságú mágneses térerősséget jelentene, 1000-szer kisebbet a Földön mért értékénél). A szovjet *Venyera-4* adataiból kapott becslés ennél valamivel kisebb értéket adott.

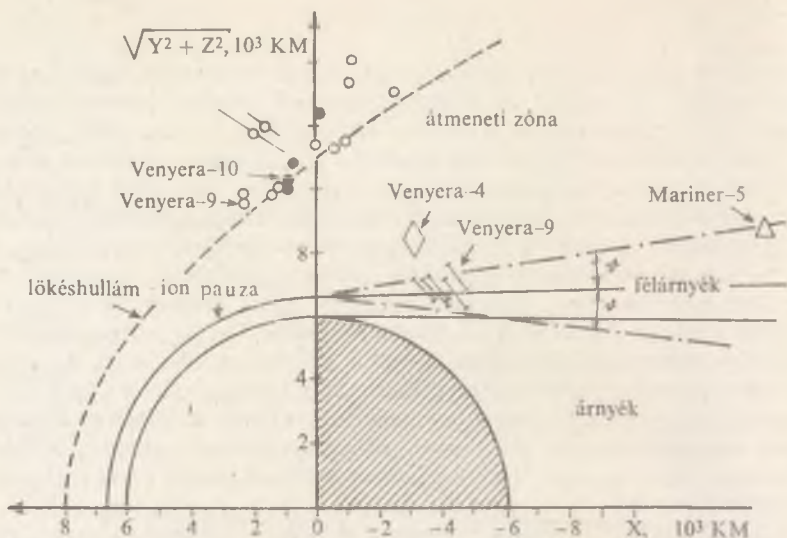
A *Mariner-5* és a *Venyera-4* méréseinek az volt az érdekessége, hogy a két űrszonda körülbelül egy nap különbséggel érkezett a Vénuszhoz, így egyidejű méréseket szolgáltatottak a Vénusz magnetoszférájának különböző tartományairól. Az összesített mérési eredmények alapján *C. T. Russel* a University of California kutatója már meg tudta határozni a Vénusz belső mágneses terének nagyságát: a mágneses momentum nagyságára

$$M_{VÉNUSZ} = 6.5 \times 10^{22} \text{ gauss} \cdot \text{cm}^3$$

adódott.

A Vénusz és a napszél közötti kölcsönhatás beható vizsgálatára a *Venyera-9* és -10 repülése kapcsán került sor. Ezek az űrszondák a leszálló egység leválása után a Vénusz körüli pályára álltak. A 45. ábrán a Vénusz körüli térség szerkezete látható a *Venyera-9* és -10 első adatainak kiértékelése után. A kölcsönhatási kép a 40. ábrára hasonlít. A napszél nyomásával az igen sűrű atmoszféra tart egyensúlyt, a bolygót a kölcsönhatás révén lelassult plazma körüláramolja, és ma még nem kellően tisztázott mechanizmusok révén a bolygó árnyékába is behatol. Ez a plazma, illetve ennek elektron-komponense hozzá létre a Vénusz körüli térség egyik legérdekesebb jelenségkörét, az ún. *éjszakai ionoszféra* problémáját.

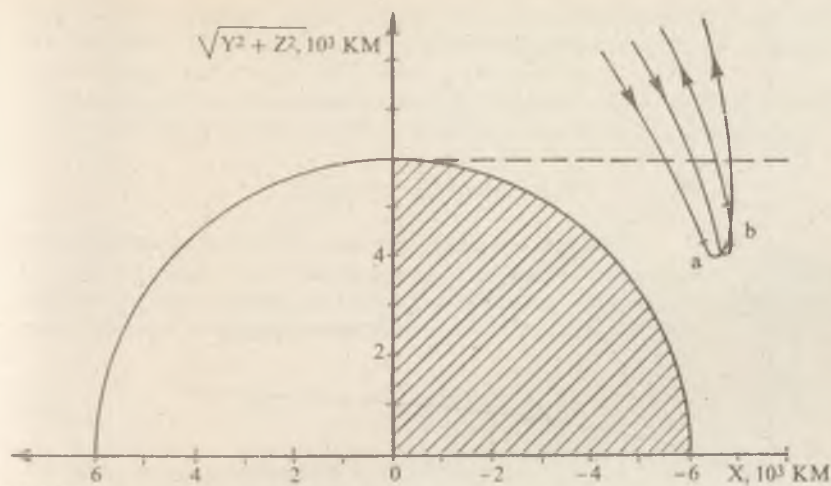
Ismeretes, hogy a Vénusz tengely körüli forgása igen lassú, a bolygó felszínénél lényegesen gyorsabban forgó felső légkör is csak 4 földi nap alatt tesz meg egy fordulatot. Az atmoszféra összetételéből (túlnyomórészt CO_2 gáz) kiszámítható, hogy az ionizált atomok átlagos rekombinációs ideje 100—500 másodperc. Tehát állandó ionizációforrás nélkül az éjszakai atmoszférában az ion-



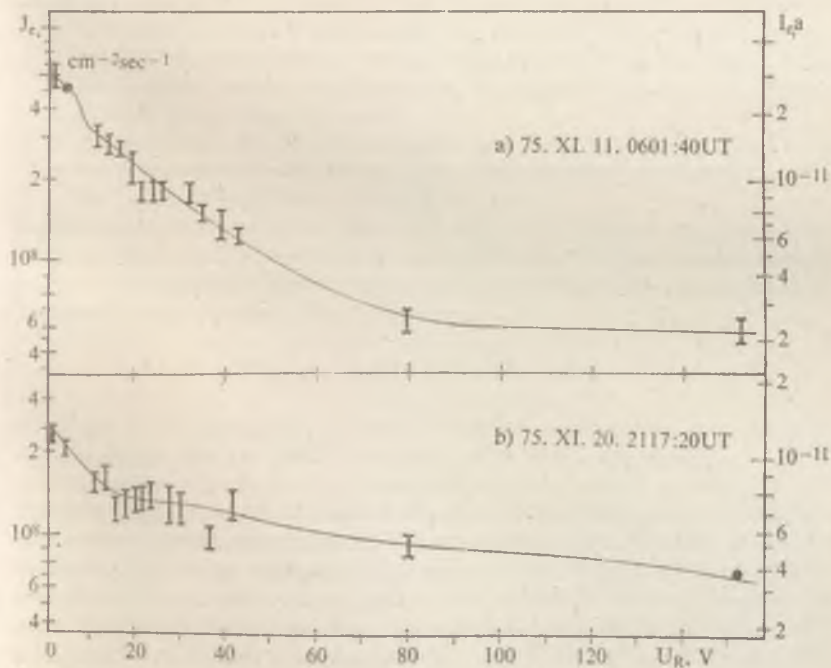
45. ábra.

koncentráció elhanyagolható kellene hogy legyen (a nappali oldalon a napfény állandó ionizációforrást jelent, ott tehát nem meglepő az ionoszféra jelenléte). A Venyera és Mariner sorozat tagjai az előzetes várakozással ellentétben jelentős éjszakai ionoszférát észleltek. A jelenség izgatta a fizikusokat, magyarázatára a legképtelenebb ionizációforrásokat is feltételezték (megjelent például egy cikk az egyik legnevesebb amerikai szakfolyóiratban, amely ionizációforrásként a Vénusz légkörébe lépő meteorokat próbálta feltüntetni).

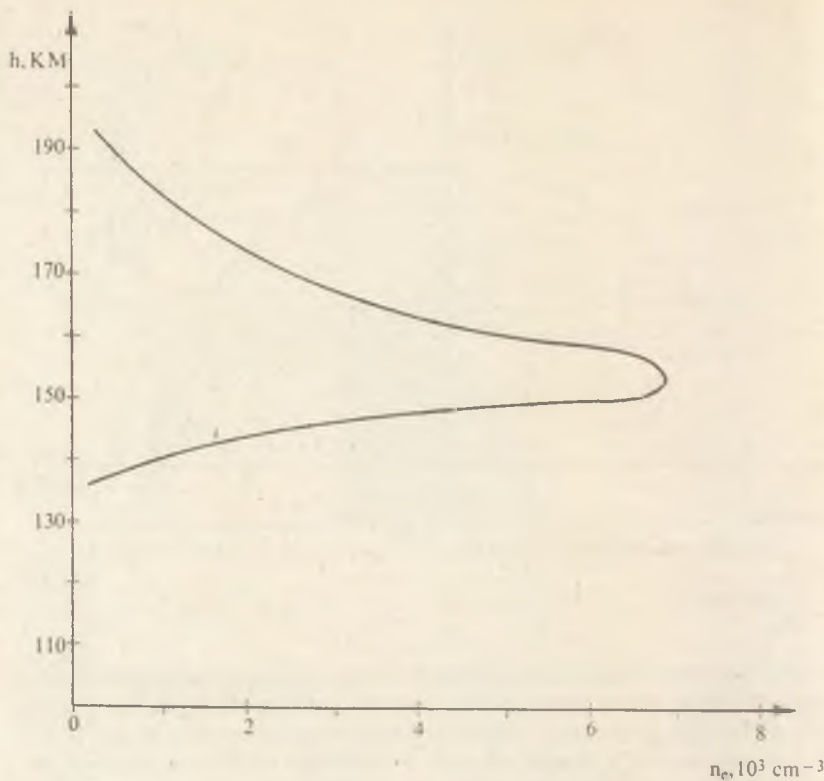
A kérdést a Venyera-9 és 10 repülése oldotta meg. A Vénusz árnyékában jelentős, a bolygó felé irányuló elektronáramot mért mindkét objektum. A 46. ábrán a ill. b jelöli a pálya azon szakaszait, ahol a 47. ábrán látható elektron-spektrumokat észlelték. Meglepetést okozott, hogy a légkörben ionizálni képes, kb. $20eV$ -nál nagyobb energiájú elektronok igen jelentős számban (mintegy 10^8 elektron \cdot cm^{-2} sec^{-1}) áramlanak a bolygó felé. Az elméleti számítások ennek az ionizációforrásnak a felhasználásával a 48. ábrán látható elektronsűrűség-profilhoz vezettek a bolygó atmoszférájában. Ez a profil igen jó egyezést mutat a kísérleti eredményekkel.



46. ábra.



47. ábra.



48. ábra.

Hold

Foglalkozunk egészen röviden a Földhöz legközelebb levő bolygószerű test, a Hold és a napszél kölcsönhatásával. A mágneszetlen, atmoszféra nélküli Hold és a napszél közötti kapcsolat egyik legfontosabb eleme a Hold belsejének elektromos vezetőképessége. Az a tény ugyanis, hogy nem alakult ki a Hold előtt lökéshullám, azzal magyarázható, hogy az égitest belsejében a mágneses erővonalak diffúziós ideje — amely arányos a vezetőképességnek és a Hold karakterisztikus mérete négyzetének szorzatával — kisebb, mint az az idő,

amely alatt a napszélbe fagyott bolygóközi mágneses erővonalak átmetszik a Holdat. Ebből a gondolatmenetből a Hold belsejének elektromos vezetőképességére $\rho_{HOLD} = 10^{-5} \text{ohm}^{-1} \text{m}^{-1}$ felső érték adódott.

Az eddigi méréseket összegezve megállapíthatjuk, hogy a Hold nem rendelkezik saját belső mágneses térrel, az indukált mágneses tér momentuma:

$$M_{HOLD} = 10^{20} \text{ gauss} \cdot \text{cm}^3,$$

ami a felszínen kb. 0,00004 *gauss* térerősségnek felel meg.

A Hold mögött — a napszélsebesség és az aktuális hangsebesség arányának megfelelően egy lökeshullám alakul ki, hasonlóan a levegőben repülő puska-golyó esetéhez. A részletes kölcsönhatási kép a 39. ábrán látható.

Mars

A Mars magnetoszférájával kapcsolatban még napjainkban is igen heves viták dúlnak. Az egymással szembenálló vélemények lényegében két alapvető csoportba oszthatók:

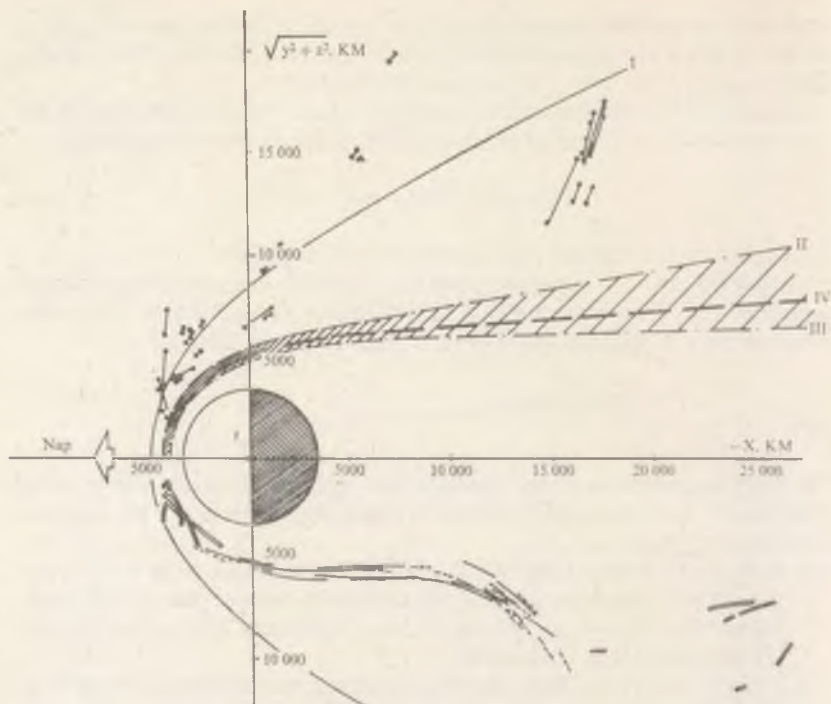
- a) A 49. ábrán látható kölcsönhatási kép hívei azt állítják, hogy a Mars és a napszél kölcsönhatásában a bolygó saját mágneses tere nem játszik lényeges szerepet, hanem az indukált tér, az atmoszféra és a bolygó felszíne közösen állítja meg a napszelet.
- b) A másik tábor véleménye szerint a kölcsönhatás alapvetően a belső és az indukált mágneses térrel megy végbe, és ehhez képest minden más effektus csak elhanyagolható járulékot ad.

A Mars saját mágneses terét a *Marsz—2*, *Marsz—3* és *Marsz—5* adatai alapján *Dolginov* professzor és munkatársai határozták meg. Az eredmény azt mutatja, hogy a Mars mágneses terét jól reprezentálja egy a Mars középpontjába helyezett dipólus tere, amelynek momentuma:

$$M_{MARS} = 2,5 \cdot 10^{22} \text{ gauss} \cdot \text{cm}^3.$$

A dipólus a bolygó forgástengelyével 15—20°-os szöget zár be, így a Mars felszínén az egyenlítőn kb. 0,00064 *gauss* mágneses térerősség mérhető.

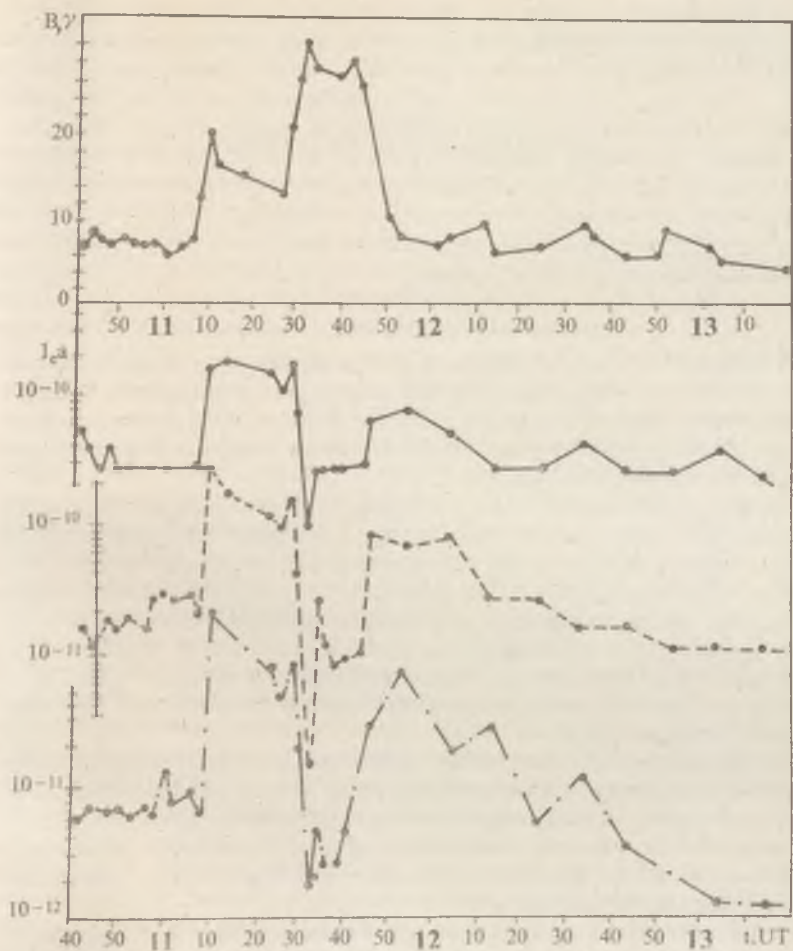
A mágneses jellegű kölcsönhatás híveinek véleményét támasztja alá a 50. ábra. Az ábra tetején a *Marsz—2* magnetométerének mérési értékei láthatók a pálya Mars körüli szakaszán, míg alatta a 8eV, 20eV és 50eV energiájú elektronok áramai. A mérés úgy interpretálható, hogy 11 óra 10 perckor a szputnyik átmetszette a bolygó előtti lökeshullámot, majd 11 óra 30 perckor a magnetopauzát. 11 óra 30 és 11 óra 50 perc között a magnetoszféra belsejében tartózkodott, majd a magnetopauzát ismét átszelve az antiszolaris irányban eltávolodott a bolygótól.



49. ábra.

Az alapvetően nem mágneses jellegű kölcsönhatási kép hívei az 50. ábrán látható konfiguráció helyességét hirdetik. A bolygó előtti lökeshullám közelítőleg ugyanott van, mint az előző esetben. A magnetopauza helyén azonban a bolygó atmoszférájával és felszínével való kölcsönhatás révén egy plazmaáramlás jelenik meg, amely nehéz ionokat is tartalmaz.

A Mars magnetoszférája egyelőre nem fedte fel titkait. A helyes megoldást — amely esetleg egy harmadik verzió lesz — valószínűleg csak a következő évek Mars repülései fogják meghozni.



50. ábra.

J. M. WILCOX
Institute for Plasma Research,
Stanford University, U.S.A.

A NAP ÉS A FÖLDI IDŐJÁRÁS*

*Több, mint évszázados vita után
talán tudományosan elismertté válik ez a kérdéskör.*

A változó Nap és a földi időjárás közötti kapcsolat keresése már a múlt század irodalmában jóval több, mint 1000 dolgozatban megtalálható. Olyan hírneves szerzők, mint *Herschel, Gauss, Sabine, Faraday, Wolf, Stewart, Schuster,* és *Airy* foglalkoztak a kérdéssel. Ennek ellenére ez a tárgykör mégis az elismert tudomány határain kívül maradt.

Jelenleg nem használják fel a mindennapos időjárás előrejelzésben a Nap változásairól kapott észleléseket. Ugyanis sok kutató vonakodik elfogadni, hogy lehetséges egy ilyen hatás. A fő nehézség talán az energiákkal kapcsolatos megfontolásokban rejlik. A Földre érkező és a Nap változásaitól eredő energiáknak ingadozása elég kicsi a földi légkör általános cirkulációjának energiájához képest. A Napra vonatkozó változások alatt értünk minden, a Napon néhány nap alatt lejátszódó, Földről megfigyelhető változást. Mivel az itt esetlegesen szerephez jutó fizikai mechanizmus(oka)t nem ismerjük, nem adható jobb meghatározás.

Az energiára való hivatkozás kétségtelenül megalapozott, de nem lehet döntő. Tanulságos áttekinteni a századfordulón fennálló helyzetet. Észrevették, hogy nagy napkitörések után a geomágneses tevékenység gyakran fokozódott. Továbbá, hogy a fokozott geomágneses tevékenység néha 27 naponként, a naprotáció periódusában ismétlődött. Ez vezetett arra a gondolatra, hogy a geomágneses tevékenységet a Nap okozza.

Lord Kelvin 1892-ben, a *Royal Society*-ben elhangzott híres elnöki beszédében merően elutasította az ilyenféle elképzeléseket. Kiszámította egy nem erős geomágneses zavar 8 órára eső energiáját, és arra a következtetésre jutott, hogy a geomágneses térnek ennyi energiával való ellátásához „*a Napnak oly sok munkát kellett volna végeznie mágneses hullámoknak a tér minden irányába történő kibocsátásával, amennyit ténylegesen négy hónap alatt végez mindennapos hő és fény*” kisugárzásával. *Lord Kelvin* számításai tökéletesen helyesek voltak ismereteli határain belül. Nem tudott a *napszélről*, amely a szoláris mágneses teret

* A *Science* Vol. 192/1976. p. 745-748 No. 4241-ben megjelent angol nyelvű cikk fordítása. Fordította Kovács Ágnes (MTA Napfizikai Observatórium).
Copyright 1977 by the American Association for the Advancement of Science.

kiterjeszti a Naptól távolra minden irányba és teljesen megváltoztatja az energetikai meg gondolásokat. Jó volna tudni, hogy vajon egy, jelentőségében a napszélhez hasonlítható ismeretlen folyamat része-e a változó Nap és a földi időjárás közötti oksági láncolatnak.

Lelhetséges, hogy a Nap és az időjárás közötti kapcsolatok kutatása végre tudományos tekintélyt nyer. E biztos következtetés alapjául az szolgálhat, hogy e kérdéskör olyan állapotba jutott, hogy felkelti tekintélyes kutatók figyelmét. Ez az érdeklődés valóban fokozódik, amint ezt a tárgykörben tartott több szimpózium is tanúsíthatja, melyek közül a legutóbbit 1975-ben a *Nemzetközi Geodéziai és Geofizikai Unió 16. kongresszusán Grenoble*-ban tartották. Biztató, hogy e szimpóziumokon napfizikusok és meteorológusok is részt vettek, és így megkezdtek a tudományágak közötti szakadék áthidalását.

Újabb kutatások

Most néhány újabb munkát ismertetünk, amely több, különböző intézetben dolgozó kutató együttes próbálkozásait öleli fel. Egy évtizede, vagy még régebben *W. O. Roberts* (Boulder, National Center for Atmospheric Research és University of Colorado) a vezető amerikai kutató a Nap és az időjárás közötti kölcsönhatások kérdésében. *Roberts* és *Olson* újabb kutatásaikban olyan napokat vizsgáltak, amelyeken a geomágneses tevékenység jókora növekedést mutatott; feltételezték, hogy ennek szoláris oka van. Ugyancsak tanulmányozták az Alaszkai-öbölből kiinduló alacsony nyomású az Egyesült Államok szárazföldi részén áthaladó ciklonok történetét, és azt állapították meg, hogy a geomágneses tevékenység idején a ciklonok átlagban lényegesen nagyobbak, mint nyugodt geomágneses körülmények időszakában. Az alacsony nyomású ciklonok nagyságának mértékére *Roberts* és *Olson* bevezették az *örvény-terület-indexet* (ÖTI), ezt számos további vizsgálatban is használják.

Az alacsony nyomású ciklon néhány ezer kilométer átmérőjű, forgó szélrendszer, amely általában felhőkkel, esővel, vagy hóval társul. Bár az alacsony nyomású ciklonok kialakulását és szerkezetét meglehetősen részletességgel tanulmányozták, általában mégsem lehet előre megmondani a ciklon kialakulásának idejét és helyét. Ez az egyik oka, hogy nem lehetséges megbízható rövid távú — 2 v. 3 napra szóló — időjárás-előrejelzést adni, azaz kevéssel jobbat, mint az átlagos sajátságok előrejelzése. A *Roberts* és *Olson* által bevezetett örvényterület-indexet az állandó nyomású (300 mbar) felületek magasság térképeiről lehet kiszámítani, felhasználva a *geosztrofikus szél* közelítő értékeit. Ezeket a térképeket naponta kétszer, 0 és 12 óra világidőre (UT) készíti a *National Weather Service*. Definíció szerint a ciklonban a légtömeg *cirkulációja* a levegő sebességének zárt görbe mentén vett vonalintegrálja. Az *örvénylés* pedig a *területegységre eső* cirkuláció. A mi esetünkben az örvény-terület-index az északi féltekének a 20° északi szélességtől északra eső részére van számítva. Az *indexet*

most úgy definiáljuk, mint azon összes területek összegét, amelyekben az örvénylés bizonyos küszöbértéket meghalad; a küszöbértéket úgy választottuk meg, hogy minden jól kifejlett ciklont felhasználhassunk. Ha egyszer megválasztottuk a küszöbszintet, a mi esetünkben $20 \times 10^{-6} \text{ sec}^{-1}$, az örvény-terület-index számítása teljesen objektív.

A kutatások eredményeit, amiket jelen cikkben ismertetünk, grafikonokon mutatjuk be, ahol a vizsgálathoz felhasznált *meteorológiai* adatok az ordináta, a *szoláris* adatok az abszcissa mentén vannak feltüntetve. A meteorológiai adat az éppen ismertett örvény-terület-index. Meg kell még gondolnunk, mi lesz a szoláris adat.

Roberts és Olson feltételezte, hogy a geomágneses tevékenységnek vizsgálataikban felhasznált megnövekedéseit a Nap változásai okozták. Ezt a feltevést *Hines* kétségbevonta. Azt állította, hogy az alsóbb légkör mozgásai által indukált áramlási rendszerek okozhatnak bizonyos geomágneses tevékenységet. Amennyire helyes ez a feltételezés, annyiban kellene a feltételezett „Nap — geomágneses tevékenység — időjárásváltozás” láncot az „időjárásváltozás — geomágneses tevékenység-időjárásváltozás” zárt körrel helyettesíteni. Véleményünk szerint ennek befolyása Roberts és Olson vizsgálataira valószínűleg elhanyagolható. Mindemellett természetesen előny ebben a helyzetben, ha egy tisztán szoláris eredetű jelenséget használhatunk fel a vizsgálatban alapadatként.

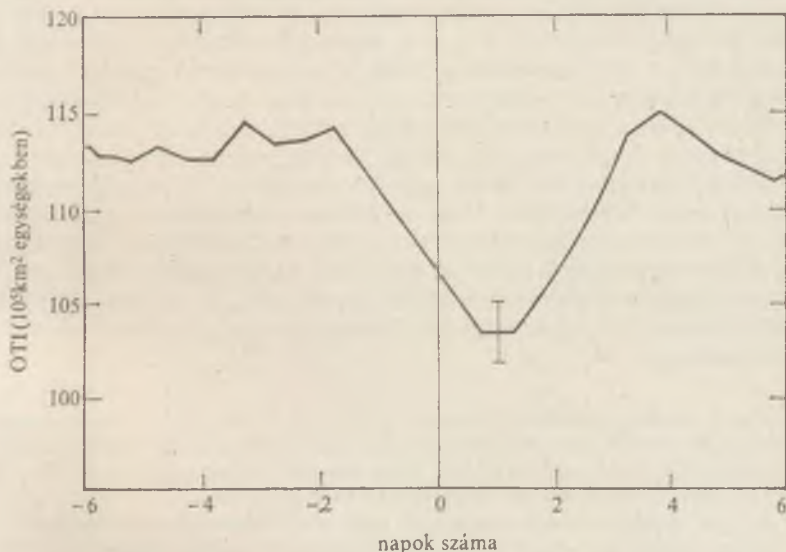
E célból tekintsük a szoláris szektor-struktúrát, amely a Napnak egy alapvető, nagy kiterjedésű sajátosága. E struktúra különféle szoláris, interplanetáris és földi jellegzetességeinek leírása rendelkezésünkre áll. Maga a struktúra könnyen felismerhető azon észlelésekben, amelyeket az űrhajók magnetométerei szolgáltatnak az interplanetáris mágneses térről, amikor a tér a napszéllel elhalad a Föld mellett. Ezt az interplanetáris teret több egymás utáni napon át a Naptól elirányuló polaritásának észlelik; a következő napokban pedig olyanak, hogy polaritása a Nap felé irányított. Ezt a két szektort vékony határ választja el, amely jellegzetesen, tíz percekben megadható időköz alatt halad el a Föld mellett.

Az itt leírt vizsgálatokban azt az időt használják zéró vonatkoztatási fázisnak, amikor egy szektorhatár Föld melletti elhaladását észlelik. Ez a pontosan meghatározott idő nagyon kényelmes a kiértékeléskor, de hangsúlyozni kell, hogy magának a szektorhatárnak valószínűleg nincs lényeges hatása az időjárásra. Továbbá az interplanetáris mágneses tér nagy kiterjedésű szektor-rendszerének és a napszél ehhez kapcsolódó szerkezeteinek sincs szükségszerűen fizikai hatása az időjárásra. Az e cikkben leírt szoláris hatás (ha van ilyen), összefügghet a Nap ultraibolya emissziójában, a szoláris „*konstansban*”, a változó szoláris mágneses tér egyes megnyilvánulásaiban, így a nagy energiájú részecskék emissziójában beálló változásokkal, továbbá a kiterjedt szoláris mágneses térnek a földre jutó galaktikus kozmikus sugarakra gyakorolt hatásának, vagy néhány más ismeretlen tényezőnek megváltozásával. Mindenesetre a kiterjedt szoláris

szektor-struktúra, ahogyan azt a Föld közelében az interplanetáris mágneses térben, űrhajókkal észlelték, nyilvánvalóan olyan szoláris struktúra, amelyre a földi időjárás nem hat. Most foglalkozunk azzal a lehetőséggel, hogy a szoláris struktúra bizonyos elhelyezkedése hatással lehet az időjárásra.

A kutatások kiterjesztése

Stanford-i kutatócsoportunk csatlakozott az eredetileg Roberts és Olson által kezdtet kutatásokhoz, hogy azokat kiszélesítse. Az együttműködés első eredményeit az 51. ábra mutatja, ahol az örvény-terület-index átlagos időbeli változása van ábrázolva a szektorhatár helyzetének függvényében aszerint, ahogy a szektor-struktúra a napszéllel elhalad a Föld mellett napról napra. A zéró nap az, amikor a szektorhatár elhalad a Föld mellett. Az 51. ábrán látjuk, hogy az örvény-terület-index közelítőleg átlagban 1 nappal határáthaladás után ér el minimumot. Az effektus amplitúdója a minimumtól a szomszédos maximumig



51. ábra. Az örvény-terület-indexnek (ÖTI) az az északi féltekén az összes alacsony nyomású ciklonok területének átlagos viselkedése azon időpontok közelében, amikor a szoláris mágneses szektorhatárok a napszéllel elhaladnak a Föld mellett. A szektorhatárok a 0. napon haladnak el a Föld mellett. Az analízis az 1964-től 1970-ig terjedő évek novemberétől márciusáig, a téli hónapok alatt 53 határt ölelt fel. Az átlagérték középhibáját úgy számítottuk, hogy levonásra került minden egyes szektorhatár esetén egy, a határra centrált, 27 napos átlag, hogy a változások hosszú-időszakos menetei eltűnjenek. Az egyedi határookra vonatkozó eltérések összhangban vannak az átlag körüli normál eloszlással.

kb. 10%. Ha meggondoljuk, hogy az időjárás rendszerint viszonylag kis ingadozásokból áll az éghajlat (azaz az átlagos sajátságok) körül, akkor ez egy jókora és lényeges változást jelent. Megismétlem a figyelmeztetést, hogy ámbár a szektorhatár áthaladása pontos időjelnek nagyon alkalmas, majdnem biztos, hogy nincs jelentős fizikai hatása az időjárásra. Lehet, hogy az interplanetáris mágneses tér nagy kiterjedésű szektor-struktúrájának sincs közvetlen okozati kapcsolat az időjárással, csak nagy vonalakban jelez valamilyen szoláris szerkezetet, aminek hatása lehet. Az ábrát 300 mbar-ra számították, de hasonló eredmények adódtak 200, 500 és 700 mbar-ra is.

Az 51. ábrán bemutatott eredmény csak a téli hónapokra szembeötlő. Ez összefügghet azzal a ténnyel, hogy ebben az évszakban a legnagyobbak az egyenlítő és pólus között a hőmérsékletkülönbségek és ezek gyakorolják a legnagyobb feszültségeket a földi légkör cirkulációjára.

A Nap és az időjárás összefüggésének viharos történetére való tekintettel, az 51. ábrán bemutatott új eredményt a legkörültekintőbb módon kell tüzetes vizsgálatnak alávetni. Az első próba az átlagérték középhibájának a kiszámítása, amit az 51. ábrán hibahatárként megadtunk. Ez kielégítően kicsi, és formálisan arra lehet következtetni, hogy a szektorhatár közelébe eső minimum szignifikáns. A tankönyveknek a hibahatár számítására vonatkozó utasításaiban határfeltételek is szerepelnek, ezek azonban valódi megfigyelések kiértékelésénél soha nem teljesülnek. Ezért további próbákba kezdünk. Az 52. ábra ugyanolyan formátumú, mint az 51. ábra, ebben az esetben a határáthaladások időpontjait két részre osztottuk és ugyanazt az elemzést végeztük mindkét részre külön-külön. Maga az értékelés, amennyiben az adathalmaz részeinek analízise megegyezik a teljes adathalmaz analízisével, voltaképpen egy további szignifikancia próbának tekinthető. Az 52. ábrához használt adatok három különböző módon vannak két-két részre osztva; ez az ábra aláírásában részletezve van. Láthatjuk, hogy az effektus megmarad az adatsor mindezen felosztásaiban.

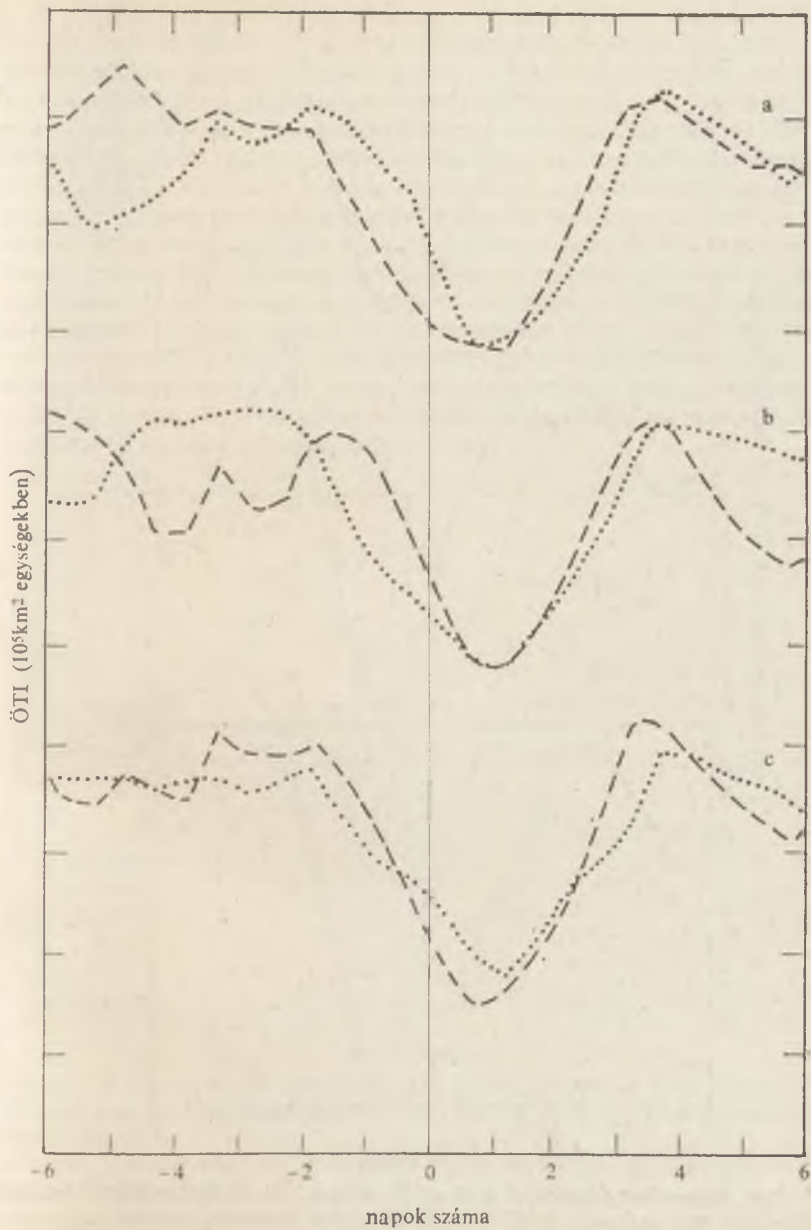
52. ábra. Ugyanolyan formátumú, mint az 51. ábra. Az 51. ábrához felhasznált határok két-két részre vannak osztva a következőképpen: a) a mágneses polaritásnak a határnál való megváltozása szerint, b) a tél első illetve második felének megfelelően, és c) az 1964-től 1966-ig, illetve 1967-től 1970-ig terjedő évek időszakára.

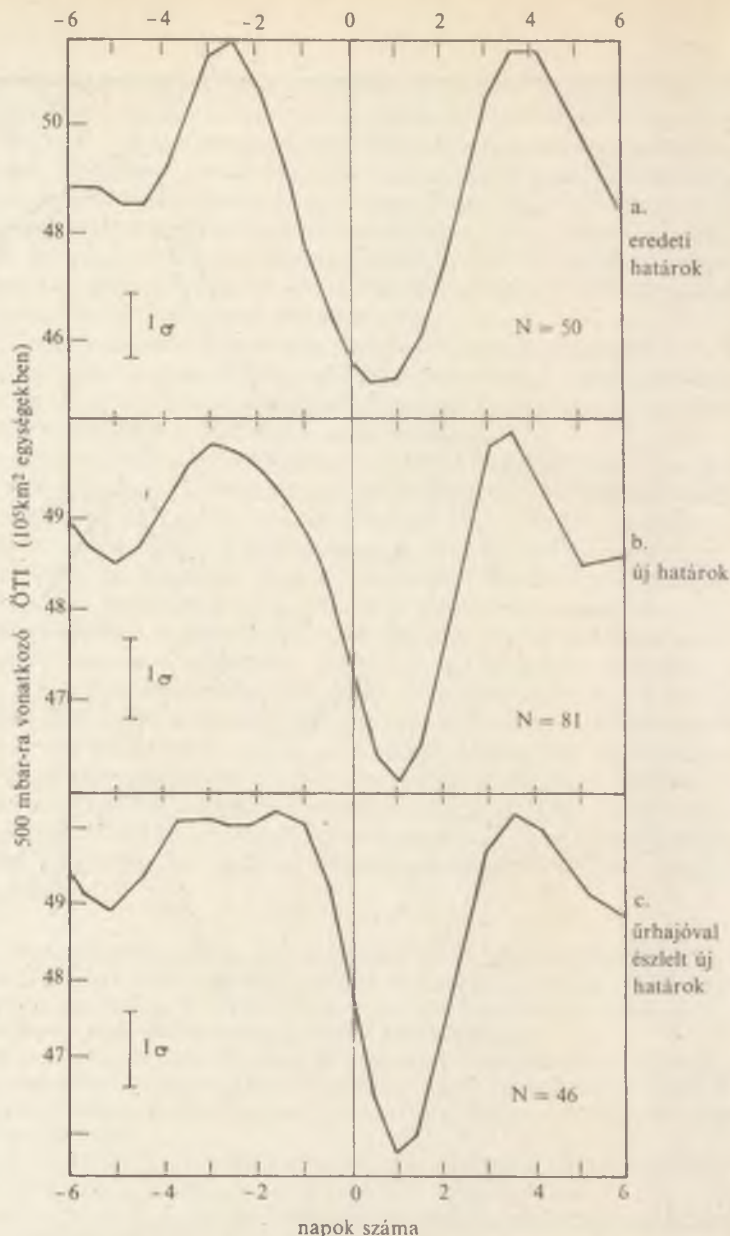
a) A pontozott görbe 24 határt reprezentál, amelyeknél az interplanetáris mágneses tér polaritása megváltozott, először a Nap irányába mutatott, később ellentétes irányú lett; a szaggatott görbében 29 határ szerepel, ahol a polaritás iránya az előbbi esettel éppen ellentétesen viselkedett.

b) A pontozott görbe 31 határt reprezentál a november 1-től január 15-ig terjedő időszakból, a szaggatott pedig 22 határt január 16-tól március 31-ig bezárólag.

c) A pontozott görbe 26 határt reprezentál 1964-től 1966-ig, míg a szaggatott görbe 27 határt az 1967-től 1970-ig terjedő időszakból.

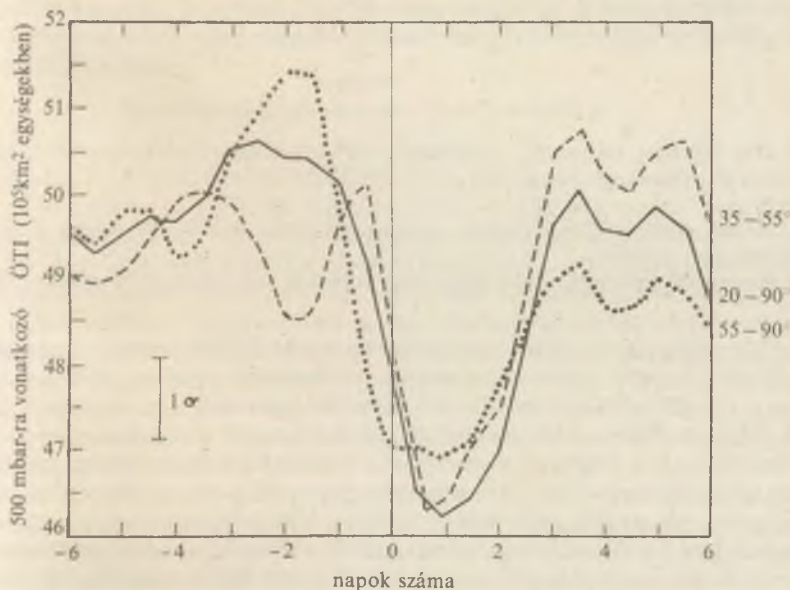
A görbék az ordináta mentén önkényesen el vannak csúsztatva, de a léptéke ugyanakkora, mint az 51. ábrán; azaz minden intervallum 5×10^5 km².





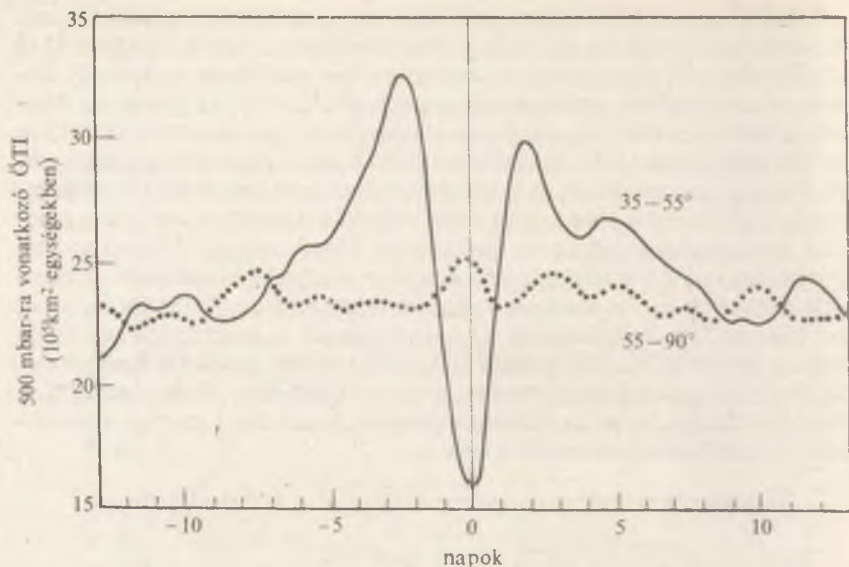
53. ábra. Ugyanolyan formátumú, mint az 51. ábra. a) Az eredetileg először használt határokból 50-re számítva, b) 81 új határátthaladásra számítva, amelyek az eredeti (első) vizsgálatban nem szerepeltek. c) A b) görbében szereplő határátthaladások közül azon 46-ra számítva amelyek időpontjait űrhajók révén nyert észlelésekből határozták meg.

További igazoló próba: megtudni, vajon ugyanaz marad-e az effektus más észlelési anyag esetén. Az 53/a ábra az eredeti analízisnek, míg az 53/b ábra 81 új határáthaladás időpontjaiból készített ugyanolyan analízisnek eredményét mutatja: az utóbbi adatok egyikét sem tartalmazza az 53/a ábra. Az 53/b ábrán használt új határáthaladási időpontok a tanulmányozott időszaknak 1963-tól 1973-ig történt kiterjesztése révén, és azért adódtak, hogy az interplanetáris mágneses tér polaritására vonatkozó, űrhajók segítségével nyert észleléseket kiegészíteték az interplanetáris térre kapott olyan polaritási adatokkal, amelyekre a poláris geomágneses ingadozások vizsgálatából következtek. Válaszul arra az ötletre, hogy az időjárásváltozások valamilyen geomágneses aktivitást okozhatnak, elvégeztük azt az analízist, amelynek eredményét az 53/c ábrán mutatjuk be; ehhez az 53/b ábrán használt 81 határáthaladási időpont közül csak 46-ot vettünk tekintetbe. Az 53/c ábrához csak olyan határáthaladásokat használtunk fel, amelyeknél az időpontok rögzítése űrhajók észleléseivel történt. Az 53/b, c ábrákból látható, hogy az effektus állandóan zavartalanul megvan a korábban fel nem használt észlelések esetén is.



54. ábra. Hasonló az 53. ábrához, kivéve, hogy az eredményeket az északi félgömb 20°-tól északabbra eső teljes részére és a 35°–55°, 55°–90° északi szélességi zónákra elkülönítve mutatja be.

Mindezen szélességi zónákban az 1 nappal a határáthaladás után eső minimumok alakja egymáshoz eléggé hasonló.



(a 0 pont a 35–55 zóna minimumaira vonatkozik)

55. ábra. Ugyanaz, mint az 54. ábra, kivéve, hogy a kulcsnapok szektorhatár közelébe nem eső 30 minimumra vonatkoznak a 35°–55° északi szélességi zónában. (Lásd a szöveget)

A folytonos görbe a 35°–55° zónára, a szaggatott görbe az 55°–90° zónára kapott eredményeket mutatja.

Az alacsonyabb szélességű zónára kapott mély minimum nem jelentkezik a másik zónában.

A jelen cikkben ismertetett, igazolásul szánt utolsó kísérlet eredményét az 54. és 55. ábra mutatja. Az 54. ábrán vannak az előzőkhöz hasonló analízis eredményei a 35°–55°, 55°–90° és 20°–90° északi földrajzi szélességi zónákra. Látnuk, hogy az effektus a három zónában teljesen hasonló. Fennállhat mégis az a lehetőség, hogy a közismert meteorológiai folyamatok következtében, amikor csak az örvény-terület-indexnek minimuma van a 35°–55° zónában, hasonló minimuma van az 55°–90° zónában is. Ezt a lehetőséget a következő módon vizsgáltuk. A kérdéses időszak folyamán a 35°–55° zónára vonatkozó örvény-terület-index grafikonjáról a nem-szektorhatár-áthaladás közelébe eső időpontok közül mindazokat összegyűjtöttük, amelyeknél az indexnek az 53. ábra átlagos minimumához hasonló minimuma volt. Az így kapott adatsor felhasználásával végzett, eddigiekhez hasonló analízis eredményét az 55. ábra mutatja. A 35°–55° zónára kapott eredmény mély minimumot mutat, mivel a választott egyedi esetek mindegyikének volt ilyen minimuma. Ezzel szemben az 55°–90° zónára nyert eredmény lényegében null-eredmény. Minimumnak nyoma sem

látszik a megfelelő helyen. Így nyilvánvaló, hogy a nem-szektorhatár-áthaladás közelébe eső időpontoknál a két szélességi zónában függetlenül jelentkeznek a minimumok, ezzel szemben szoláris hatások következtében mindkét zóna hasonló minimumot mutat 1 nappal a szektorhatár elhaladása után. Ha elfogadjuk ezen eredmény realitását, akkor megfordíthatjuk az okoskodást, és azt mondhatjuk, hogy az ismeretlen szoláris hatás hasonló eredményeket okoz a két szélességi zónában.

Az 51. ábrán közölt eredmények legjelentősebb igazoló próbáját *Hines* és *Haley* adták meg, akik azt állították, hogy „a Nap és az időjárás közötti rövid időszakra érvényes korrelációkról szóló jelentéseket sokan kételkedéssel fogadták”. Ők az ábra szerkesztésében használt adatokat különböző statisztikai próbáknak vetették alá és kérték új adatok analizisét, amelynek eredményeit az 53. ábra mutatja. Arra a következtetésre jutottak, hogy „*Kénytelenek vagyunk a magunk részéről Wilcox és munkatársai megállapításainak érvényességét akárhogyanis elfogadni... és törekedni fizikai magyarázatára.*”

Mire következtet az ember a fentiek összességéből? A múlt század eredményei azt sugallják, hogy bizonyos óvatosság nagyon helyénvaló. Egyetlen megállapítást tehetünk teljes meggyőződéssel: ezzel az érdekes témával erőteljesen kellene foglalkozni.

Összefoglalás

Ha valóban van a változó Napnak hatása az időjárásra, ennek fizikai oka elég megfoghatatlan marad. Szem előtt kell tartani annak a lehetőségét, hogy több ok és több hatás lehet. Ez a helyzet megváltozhat a 11 éves napfolt ciklus és a 22 éves szoláris mágneses ciklus, vagy éppen hosszabb időszak folyamán is.

Élénk léptekben halad a munka a jelen cikkben említett intézetekben és sok más helyen szerte a világon. A Szovjetunióban már régóta lényegesen több kutató érdeklődik e kérdés iránt, mint bármely más országban. A Szovjetunió és az Egyesült Államok között egy kétoldalú megállapodás jelentősen fokozta az e tárgykörben érdekelt kutatók kölcsönhatását, beleértve a két ország közötti cserelátogatások kiszélesítését.

Sok év tudományos erőfeszítése után csak most kezd kibontakozni a geomágneses tevékenység szoláris okainak részletes megismerése. Ez azt jelenti, hogy a Nap-időjárás problémakör elfogadható, sikeres megoldása még hasonló méretű erőfeszítést kíván. Érdeklődéssel és optimizmussal nézünk az elkövetkezendő évek eredménye elé.

A MAUNDER MINIMUM*

XIV. Lajos idejében a Nap
valóban rendellenesen viselkedett

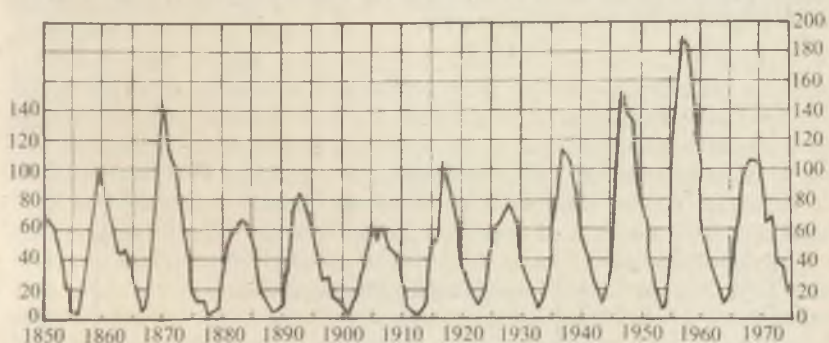
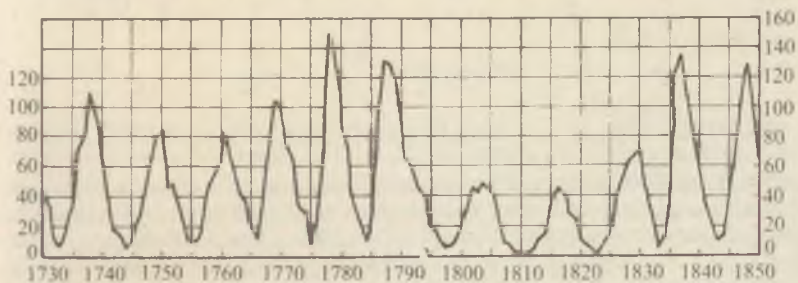
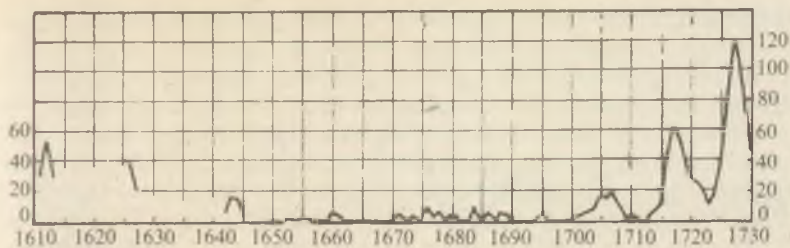
A Napot hosszú ideig olyan nem-változó csillagnak tartották, amely szabályos és ismétlődő viselkedést mutat. A sugárzás, illetve a szoláris konstans mérése igazolni látszottak az első feltételezést, míg a másodikat a napfoltszámokban mutatkozó periodicitással tekintették bizonyítottnak. Azonban mindkét adatsor csak a Nap legújabb kori történetére vonatkozik.

Amikor egy hosszabb időszakra, mintegy az utóbbi 1000 évre vonatkozó feljegyzéseket nézzük, olyan jelzéseket találunk, mintha a Nap viselkedése jelentős változásokon ment volna keresztül. Régi szoláris változásokról főként csak közvetett bizonyítékok vannak, amelyeket fölöttébb kritikusan kell tüzetes vizsgálat tárgyává tenni. Az 1890-es években *G. Spörer* és *E. W. Maunder* mutatott rá, hogy körülbelül 1645-től 1715-ig szinte egyáltalán nem láttak napfoltokat. A korabeli irodalmat újra vizsgálva és az újabban, a Maunder ideje óta napvilágra került bizonyítékok segítségével arra a következtetésre jutottam, hogy ezen 70 éves időszak folyamán a naptevékenység valóban csaknem teljesen szünetelt. A Nap ilyen viselkedése teljesen eltér a maitól, melyet eddig normálisnak fogadtunk el, és ennek mélyreható következményei lehetnek mind napfizikai, mind földfizikai vonatkozásokban.

A napfolt ciklus

A Nap legjobban ismert jelenségei a napfoltok, és a naptevékenység 11 éves ciklikus növekedése és csökkenése. Ezt a ciklust leggyakrabban a napfoltszámok ábrázolásával (56. ábra) adják meg. A napfoltszám a Nap látható felén egyidejűleg észlelt foltok számának mértéke. Ezt minden napra megállapítják, de a hosszabb időszakra vonatkozó effektusok tanulmányozásához a csillagászok inkább ezek évi középértékeit használják, amely kisímtja a rövid ideig tartó változásokat, és kiátlagolja a naprotáció nyomait.

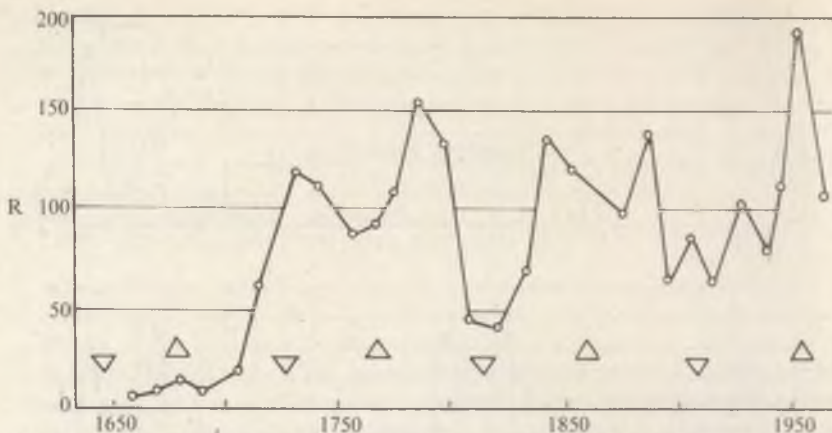
* A *Science* Vol. 192/1976. p. 1189-1201. No. 4245-ben megjelent angol nyelvű cikk rövidített fordítása. Fordította Gesztelyi Lidia, (MTA Napfizikai Observatórium). Copyright 1977 by the American Association for the Advancement of Science.



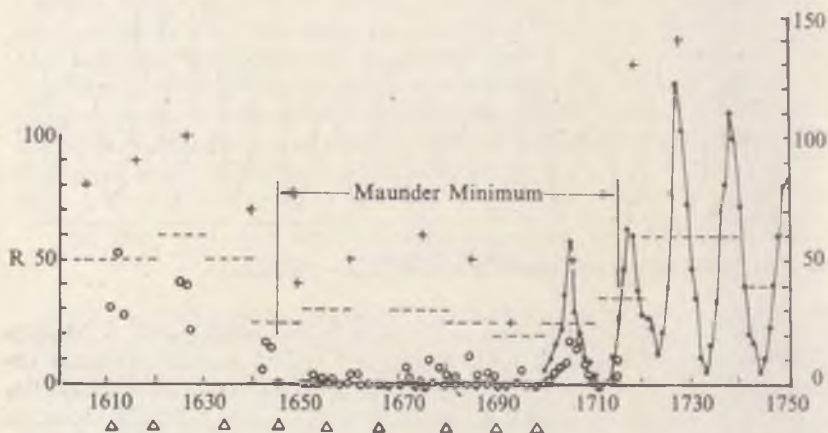
56. ábra. Az évi átlagos napfoltszámok menete, 1610–1975 között.

A megfigyelt napciklusra még nincs teljes fizikai magyarázat. A jelenlegi elméletek a periodikus napfolt jelenségeket egy szoláris dinamó hatásának tulajdonítják, amelyben a konvekció és a felszíni rotáció kölcsönhatása fenntartja, és erősíti a feltételezett kezdeti mágneses teret. A dinamó modellek sikeresen leírják a 11 éves ciklus bizonyos tulajdonságait, de a maximumok amplitúdójának változásaira és más, hosszabb időszakokra vonatkozó változásokra még nem adnak magyarázatot.

A 11 éves ciklus egy tipikus minimumában az évi közepes napfoltszám 6 körül van. Ilyen minimum években vannak olyan közvetlenül egymást követő



57. ábra. A napaktivitás hosszú időre vonatkozó menete: az évi közepes napfoltszámok a 11 éves ciklus maximumainál 1645-től napjainkig. Szembetűnő a Maunder minimum óta tartó emelkedésre szuperponálódó jól ismert 80 éves ciklus. (Ennek szélsőértékeit háromszögek jelzik). A 78 vagy 80 éves ciklusra elsőként Wolf figyelt fel, majd később Gleissberg tanulmányozta részletesen. A szoláris konstans szintén lassú emelkedést mutat az 1900 körül elkezdett rendszeres mérések szerint.



58. ábra. Az évi közepes napfoltszámok becsült értékei 1610-től 1750-ig: az üres körök adatai a 10. táblázatból valók; a csatlakozó, fekete pontok Waldeimeritől átvett értékek; a szaggatott vonalak Schöve becslései alapján a 10 éves átlagok, a keresztek pedig a Schöve által becsült csúcsok; a háromszögek Wolf becsült maximum időpontjai, 11,1 éves napciklust vége alapul.

napok, vagy hetek, amikor napfolt nem látható, de már ritka a zéró havi átlag, és csak egy olyan év volt, az 1810-es, amelyben az évi átlagos napfoltszám két tizedesjegy pontossággal nulla volt. Ellenben a maximum körüli években ritkán van olyan nap, hogy nem láthatunk napfoltot, sőt gyakran több száz jelenik meg. Napfolt számok 1700 óta állnak rendelkezésünkre, és az adatokat a kutatók gyakran úgy használják fel, mintha azok minősége egyforma volna. De valójában ez nincs így. Tehát tanácsos időről időre felülvizsgálni a napfoltszámok eredetét és leszármaztatását, hogy felismerhető legyen a régi adatok bizonytalansága.

A történet röviden

Sötét foltokat a Napon láttak már igen régen (i. e. 4. században is), de a távcső feltalálásáig, mintegy 1610-ig nem látták ezeket elég jól ahhoz, hogy magával a Nappal hozzák kapcsolatba a jelenséget. Nem vet jó fényt a régebben élt csillagászokra, hogy 230 évnek kellett eltelni a napfoltok távcsöves „felfedezése” és viselkedésük ciklikusságának felismerése között. 1843-ban Heinrich Schwabe rövid dolgozatban számolt be 1826 és 1843 között végzett napfolt észleléseiről, és felhívta a figyelmet, hogy a napfoltok számának maximumai 10 év körüli periódust mutatnak.

Rudolf Wolf, a berni, majd később a zürichi csillagvizsgáló igazgatója, felügyelt Schwabe cikkére, és elhatározta, hogy további észlelésekkel vizsgálatnak veti alá az eredményt. 1848-ban számos európai csillagda bevonásával azonos módszer és meghatározott szabály szerint napfolt észleléseket szervezett meg. Így kezdődött az a nemzetközi együttműködés, amely a mai napig is tart. Wolf újra vizsgálta a Napra vonatkozó régi irodalmi és levéltári adatokat. Az 56. ábra napfoltszám adatainak több, mint fele, és az összes 1848 előtti adat Wolf ezen rekonstrukciójának eredménye. A görbe legmegbízhatóbb része az 1848 utáni, amely már előre megszabott megfigyeléseken alapszik. Wolf leírásokat és rajzokat talált a Napról, melyek segítségével 30 évre visszamenőleg, 1818-ig rekonstruálhatta a naponkénti napfoltszámokat; noha bizonytalanok voltak az időadatok, szűkösebb a megfigyelési anyag, valamint bizonytalanabban az észlelőre és a körülményekre vonatkozó korrekciók. 1749-ig visszamenően „havi átlagos” napfoltszámokat sikerült megállapítania ami azt jelenti, hogy havonta minimálisan egy észlelésről talált feljegyzést, és megközelítő „évi átlagokat” a jóval nagyobb szórást mutató adatokból 1700-ig. A görbe, és főleg abszolút skálájának megbízhatósága így 4 szakaszra bontható: megbízható 1848-tól napjainkig; jó 1818-tól 1847-ig; vitatható 1749-től 1817-ig és gyenge 1700-tól 1748-ig.

Wolf anyagot gyűjtött, hogy kiterjessze a görbét a napfoltok távcsöves felfedezéséig, 1610-ig. De erre az időszakra már csak a maximumok és a minimumok becsült időpontjait közölte, és nem publikált napfoltszámokat. Vélemé-

Év	R	Waldmeier	Schove	Év	R	Waldmeier	Schove
1610	X			1663	0		
1611	30	Minimum		1664	0		
1612	53			1665	0		
1613	28			1666	0	Minimum	
1614				1667	0		
1615	X			1668	0		
1616	X	Maximum	90	1669	0		
1617	X			1670	0		
1618	(X)			1671	6		
1619		Minimum		1672	4		
1620				1673	0		
1621	X			1674	2		
1622	X			1675	0	Maximum	60
1623	X			1676	10		
1624	X			1677	2		
1625	41			1678	6		
1626	40	Maximum	100	1679	0		
1627	22			1680	4	Minimum	
1628				1681	2		
1629	(X)			1682	0		
1630				1683	0		
1631				1684	11		
1632	(X)			1685	0	Maximum	50
1633				1686	4		
1634	(X)	Minimum		1687	0		
1635	(X)			1688	5		
1636				1689	4		
1637				1690	0	Minimum	
1638	X			1691	0		
1639	XX			1692	0		
1640		Maximum	70	1693	0	Maximum	30
1641				1694	0		
1642	6			1695	6		
1643	16			1696	0		
1644	15			1697	0		
1645	0	Minimum		1698	0	Minimum	
1646				1699	0		
1647				1700	2	5	
1648				1701	4	11	
1649		Maximum	40	1702	6	16	
1650	0			1703	8	23	
1651	0			1704	9	36	
1652	3			1705	18	58	50
1653	0			1706	15	29	
1654	2			1707	18	20	
1655	1	Minimum		1708	8	10	
1656	2			1709	3	8	

Év	R	Waldmeyer	Schove	Év	R	Waldmeier	Schove
1657	0			1710	2	3	
1658	0			1711	0	0	
1659	0			1712	0	0	
1660	4	Maximum	50	1713	2	2	
1661	4			1714	3	11	
1662	0			1715	10	27	

10. táblázat — Az évi közepes napfoltszámok (R) becsült értékei 1610-től 1715-ig;
 X: vannak feljegyzések napfoltokról,
 XX: szokatlanul sok napfoltról szólnak a feljegyzések,
 (X): szokatlanul kis számú napfoltról szólnak feljegyzések,
 de egyik esetben sem állnak rendelkezésre számszerű adatok.
 Waldmeier: The Sunspot-Activity (Zürich, 1961)
 Schove: J. Geophys. Res. 60, 127, 1955.

nyem szerint ennek elképzelhető oka az, hogy mivel Wolf megerősítette és finomította a Schwabe-féle ciklust, elfogult volt, és szerette volna kimutatni, hogy a napfolt ciklus folytatódik az időben visszafelé is. Így amikor a ciklus eltűnni látszott, ráadásul homályos történelmi adatokban, inkább hajlott arra, hogy abbahagyja a további kutatást, és a ciklikusságot bizonyítottnak jelentse ki. Így különösen szkeptikusan kell kezelnünk a görbe legrégibb, és legszegényesebb adatokon nyugvó szakaszát (1700—1748) és újra fel kell tennünk a kérdést, hogy mi történt 1700 előtt. Jelenlegi elképzeléseink a napciklus fizikai alapjairól és ennek létrejöttéről a Nap külső, változékony rétegeiben szintén azt sugallják, hogy a ma általunk ismert napciklusnak legalább néhány jellemző sajátossága átmeneti jellegű. Ha elfogadjuk egy szoláris dinamó létezését, akkor be kell látnunk azt, hogy a létrehozó tényezők bármelyike eléggé megváltozhatott a múltban, hogy megmássa, vagy felfüggeszse a „normális” napciklust. És csakugyan, most már van bizonyíték arra, hogy a naprotáció jelentősen megváltozott a történelmi idők folyamán.

A „tartós napfolt minimum”

A 19. század végén két jól ismert napfizikus rámutatott arra, hogy 1700 előtt a napfoltok száma valószínűleg hirtelen lecsökkent. 1887 és 1889-ben megjelent cikkekben a német Gustav Spörer hívta fel a figyelmet egy 1716-ban véget ért 70 éves időszakra, amikor a napfolt ciklus megszokott menete félbeszakadt, és majdnem teljesen hiányoztak a foltok. Spörer a napfoltok szélesség szerinti

eloszlását vizsgálta, és úgy találta, hogy a Nap északi és déli félgömbjén a foltok száma nem volt mindig egyforma. Ellenőrizvén ezt az észrevételt, régi adatokat vizsgált meg, Wolféit is, és meglepődött azon, amit a 17. század és a 18. század elejének adataiban talált. Nem sokkal ezután Spörer meghalt. Időközben *E. W. Maunder*, a greenwichi csillagvizsgáló napfizikai osztályának vezetője kezdett foglalkozni ezzel a problémával. 1890-ben ismertette Spörer két dolgozatát, majd 1894-ben „Tartós napfolt minimum” című részletesebb dolgozatában kifejti, hogy a napciklus és maga a Nap is megváltozott a régi időkben, és ez megtörténhet újra is. Hangsúlyozta, hogy ezen tartós minimum, ha valóban létezik, nemcsak a Nap, de a Nap-Föld kapcsolatok kutatására nézve is nagy jelentőségű. Maunder csaknem 30 évvel később, 71 éves korában még egy harmadik írásában is felelevenítette ezt a témát.

Spörer és Maunder cikkeikben a következő meglepő állításokat tették: I. 70 éven át, kb. 1645—1715 között gyakorlatilag nem volt látható napfolt; II. ez időszak csaknem felében (1672—1704) egyetlen foltot sem észleltek a Nap északi félgömbjén; III. 60 éven át, 1705-ig csupán egyetlen napfoltcsoportot láttak a Napon; IV. a 70 éves időszak alatt csupán „egy maréknyi” foltot figyeltek meg, és ezek legtöbbször egyedülállóak voltak, és alacsony szoláris szélességeken egy rotációt, vagy kevesebbet éltek; V. ezen felül az 1645-től 1715-ig észlelt összes foltok száma kisebb volt, mint amennyit rendszerint egyetlen aktív év során láthatunk.

Maunder ezeket az állításokat a kérdéses időszak tudományos irodalmából vett idézetekkel támasztotta alá. A *Philosophical Transactions of the Royal Society* szerkesztője egy 1671-ben, a tartós napfolt minimum derekán felfedezett napfoltról szóló tudósításában ezt írta: „...*Párizsban a kitűnő Signor Cassini nemrég újra észlelt foltokat a Napon, amelyet tudomásunk szerint sok év óta senki sem látott.*” Ezt követően a szerkesztő leírta a legutóbb, 11 évvel korábban látott napfoltot azok számára, akik elfelejtették volna, hogy is néz ki. Maga Cassini így ír erről az 1671-es látványról: „...*most kb. 20 éve annak, hogy csillagászok egyáltalán jelentősebb foltokat láttak a Napon, noha ez idő előtt, a távcső felfedezése óta időről-időre megfigyeltek ilyeneket*”. Cassini arról is beszámol, hogy egy másik francia csillagász, Picard „...*örvendezett egy napfolt felfedezésén, mivel tíz teljes év óta egyet sem látott, bármilyen nagy gondossággal kereste ezeket időről-időre*”. És amikor Flamsteed, a királyi csillagász 1684-ben Greenwich-ben megpillantott egy foltot a Napon, így számolt be róla: „...*ezek a jelenségek, noha gyakoriak voltak Scheiner és Galilei korában, az utóbbi időben olyan ritkák, hogy ez az egyetlen, amelyet 1676 decembere óta láttam.*”

A napfoltthiányról a 17. század második felében már több csillagászati könyv említést tesz. Később *LaLande* is 1792-ben, majd öt idézve *Herschel*. Így sem Maunder, sem Spörer nem „fedezte fel” a „tartós napfolt minimumot”. Ezek a szerzők, mint jómagam, egyszerűen rámutattak egy figyelmen kívül hagyott, és bizonyára fontos jelenségre, amely a maga korában nem tűnt különösnek, de visszamenőlegesen nagy jelentőségű.

Kérdések

Maunder valószínűleg nem becsülte túl a „tartós napfolt minimum” jelentőségét. Ha a napaktivitás valóban abbamaradt, vagy csaknem nullára csökkent, akkor ez korlátozó határfeltételt szab a napciklus fizikai magyarázataira. Azt sugallja, hogy egy épkézláb napaktivitási mechanizmusnak képesnek kell lenni arra, hogy meginduljon, és talán megálljon évtizedek alatt; a napfoltokat a Nap átmeneti jelenségei közé sorolja be, és ezekkel kapcsolatban a flereket, aktív protuberanciákat és talán a korona-struktúrákat is. A napkutatók történetének egyik rejtélye a kromoszféra nagyon késői, szabadszemmel történt felfedezése, és az, hogy a régi napfogyatkozások leírásában nem találunk említést a korona strukturális sajátságairól. Valószínűleg nem pusztán véletlen, hogy a kromoszféra felfedezése (1706), a szerkezetet mutató korona első leírása (1715), és az észlelt sarki fények számában történt tízszeres ugrás (1716), mind a Maunder minimum végén történt, amikor, úgy tűnik, hogy a napciklus újra kezdődött, vagy talán a jelenlegi menete kezdődött meg. Ha a Maunder-féle tartós napfolt minimum valóban létezett, akkor ez döntő ellenbizonyíték abban a véget nem érő vitában, hogy a napfoltokat a bolygóktól származó árapály erők hozzák-e létre, vagy sem. Végül, mint Maunder hangsúlyozta, ha ez a látszólagos anomália a Nap történetében valóságos volt, akkor ez egy egyedülállóan értékes próba-időszakaszt kínál a naptevékenység és a földi időjárás közötti kapcsolat vizsgálatára. Ha a Maunder minimum valóban létezett, ezzel definiálható a napaktivitás egy hosszú időtartamú burkológörbéjének minimumhelye, és ez sokkal fontosabb lehetett a földi hatások szempontjából, mint a 11 éves moduláció, amely oly régen lekötötte a figyelmet a szoláris-terresztrikus kutatásokban.

Érdeemesnek látszik újra foglalkozni a hiányzó napfoltok esetével. Minden korábbi munka csaknem kizárólag ugyanazon a bizonyítékon alapult: a korabeli szűkös irodalomban a napfoltokról való beszámolók kevéske voltán. Spörer eredeti dolgozatai és Maunder kiegészítései erősen támaszkodnak a bizonyítékok hiányára a levéltári feljegyzésekben és folyóiratokban, és a korabeli megállapításokra, hogy a napfoltokra vonatkozó egy-egy közlemény között sok idő telt el. De egy mai csillagász szavaival: a bizonyíték hiánya nem a hiány bizonyítéka. Vajon a 17. században mennyire voltak jók az észlelők és az észlelések technikája? Mennyire volt rendszeres a Nap megfigyelése? Mennyi foltot szalasztottak el, és mikor?

Új bizonyítékok kerültek napvilágra a Maunder óta eltelt 50 év alatt: jobb katalógusaink vannak a régi sarki fény észlelésekről, különböző forrásokból összeállították a Kelet napfolt észleléseit, jobban értjük a fák égvyűrüinek jeleit, és egy új eszközünk van, az atmoszferikus izotópok vizsgálata, mely a régmúltbeli napaktivitás nyomjelzője lehet. Most már tudjuk, hogy a napfoltok és a szoláris mágneses terek kapcsolatban vannak, és valamelyest azt is, hogy milyen viszonyban van a korona a mágneses terekkel, és így kritikusabban tanulmányozhatjuk a teljes napfogyatkozásokról fennmaradt leírásokat.

Napmegfigyelések a 17. században

A történelem rejtelmes emlékeztetőket hagyott hátra a Maunder minimum dátumaira: XIV. Lajos, a napkirály 1643-tól 1715-ig uralkodott. Ez volt Milton és Newton kora; Brahe és Kepler után 1642-ben már Galilei is elköltözött az élők sorából. A csillagászati távcsövek közhasználatúak, és a kereskedelemben kaphatók voltak; jelentősen továbbfejlesztették az eredeti kis távcső-mo-delleket, amellyel 1612-ben már meg lehetett különböztetni a napfoltok umb-ráját és penumbráját és 1625-re napfáklya észlelésekre használtak. A Maunder minimum időszaka alatt alapították a greenwichi és a párizsi csillagvizsgálókat, és Newton megalkotta a tükrös távcsövet; ez volt a hosszú, függő és lelógatott távcsövek kora, 60 méterig terjedő fókusz távolságokkal és 20 cm-es, vagy na-gyobb apertúrákkal. A napészlelésekben inkább használatosak voltak azonban az olyan távcsövek, amelyeknek fókusz távolsága 2—4 méter, apertúrája 5—10 cm között volt; ez a leírás éppenúgy ráillene a 18. és 19. században használt naptávcsövek legtöbbszörére. A napfoltok megfigyelésére akkor, mint sokan még ma is, a Nap képét a szemlencse mögé megfelelő távolságra elhelyezett fehér ernyőre vetítették. A kép mérete elégséges volt arra, hogy az ember lássa és felvázolja nemcsak a különböző méretű foltokat, de jellegzetességeiket és kü-lönbözőségeiket is; a megfigyelők feljegyezték a fáklyák, a penumbrális fila-mentek, a napfolt-szatelliták részleteit és a napfoltok napjainkban ismert leg-több megfigyelhető részletét.

A Maunder minimum ideje alatt ugyanazok a csillagászok, akik a Napot észlelték, fedezték fel az első rést a Szaturnusz gyűrűjében (1675-ben), és öt holdját megtalálták a Szaturnuszhoz (1655—1684); az előbbi felfedezés tanús-kodik arról, hogy csaknem 1°-es effektív felbontást értek el, az utóbbi pedig arról, hogy élesen különválasztva láttak egy 11 magnitúdós objektumot a 40°-nél kisebb távolságban levő bolygó fényes peremétől. A 17. század folyamán a csillagászok hét Merkúr és Vénusz átvonulást figyeltek meg, amely abban az időben az észlelések egy bizonyos fokú teljességére és a napkorongon egyéb foltok ismeretére utal. *Römer* meghatározta a fénysebességet (1675) a Jupiter-holdak pályáinak pontos észleléseiből. Ugyanebben a században legalább 53 — részleges, gyűrűs, vagy teljes — napfogyatkozást figyeltek meg, néhány ázsiaiit és amerikaiit is beleértve. Lényeges, hogy egyetlen olyan napfogyatkozást sem szalasztottak el, amely Európából látszott.

A kor aktív csillagászai között voltak: *Flamsteed*, *Derham*, *Hooke* és *Halley* Angliában, a két *Huyghens* Hollandiában, *Hévelius* Lengyelországban, *Römer* Dániában, *Gassendi*, *de la Hire*, *Boulliau* és az első helyen említendő *Cassinik* Franciaországban, *Grimaldi* és *Riccioli* Olaszországban, valamint *Weigel* és *von Wurzelbau* Németországban. Azokban az években, amikor Párizsban Cassiniék a Szaturnuszra vonatkozó vizsgálataikat folytatták, a Nap és a napfoltok meg-figyeléséről is írtak tudományos közleményt. Christopher *Scheiner* 1630-ban adott ki egy vaskos könyvet *Rosa Ursina* címen a napfoltokról, napfáklyákról

és ezek megfigyelésének módjáról, továbbá Hevelius 1647-ben *Selenographiájá-*nak függelékében a napfoltokról, egyik fejezetében pedig a Nap megfigyeléséről írt részletesen.

William Herschel 1801-ben megjegyezte, hogy a műszerek és az észlelések fogyatékoságaival megmagyarázható lenne az 1650 és 1713 közötti napfolt-hiány túlnyomó többsége, és amennyiben több modern berendezést fordítottak volna a Nap felé, sokkal több foltot találhattak volna. Kevés okunk van azonban azt hinni, hogy alaposan utánanézett az ügynek, hiszen ez akkor, sok idővel a napfoltciklus felfedezése előtt, kis jelentőségű dolognak látszott. Maunder nem idézte Herschel más véleményű nézetét, de mindenképpen cáfolni igyekezett azt egy, a szóban forgó idő után nem sokkal később élt angol csillagásztól, William Derhamtól vett idézettel, aki 1711-ben mondta el véleményét arról, hogy vajon elszalaszthatták-e a foltok megfigyelését: *„...Kétségtelenül vannak hosszú időszakok, amikor a Nap foltoktól mentes, így az 1660 és 1671, valamint 1676 és 1684 évek között, de ebben az időben a foltok aligha maradhattak volna észrevétlenek, hiszen olyan sok észlelő állt teleszkópjával örökös lesben Angliában, Francia-, Német-, és Olaszországban és szerte a világon.”* Ebben a kérdésben nyilvánvalóan Derhamnak van igaza Herschellel szemben; a Maunder minimum idején a csillagászoknak megvoltak a műszerei, ismeretei és a képességük, hogy megállapítsák kis foltok esetében is, hogy van-e vagy nincs folt a Napon. Nem kell különleges távcső ahhoz, hogy láthassuk vele a napfoltokat.

De vajon folytatatólagosan figyelték-e a Napot? Ez a további kérdés, és ez olyan, amelyre nincs közvetlen bizonyíték. Scheiner (1575—1650) és Hevelius (1611—1687) legalább sok éven át naponta készített rajzot a Napról és a napfoltokról, de nem tételezhetjük fel, hogy ezt a tiszteletreméltó szokást utódaik megszakítás nélkül tovább folytatták 70 évig. Tudomásunk szerint nem voltak szervezett, vagy együttműködésre alapozott próbálkozások a Nap „naplójának” vezetésére, mint manapság.

A jelennel való összehasonlítások azonban félrevezetők lehetnek. A 17. század vége felé alapították az első tudományos egyesületeket és ekkor indultak meg az első tudományos folyóiratok is. Ezek a folyóiratok kevéssé hasonlítottak a maiakhoz, példányszámuk, terjesztési lehetőségük kicsi volt; kevés publikálási lehetőségre adtak alkalmat. A bizonyíték hiánya nem nyom a latban semmit ilyen körülmények között, mivel lehetnek nem vitatható ismeretlen bizonyítékok. Ezen felül gondolni kell arra is, hogy uralkodó nézetek hogyan befolyásolják magukat az észleléseket és az azokról szóló beszámolókat. A napfoltokat nem annak képzelték, mint amiknek azokat ma ismerjük. A kezdeti teológiai ellenzés a Nap foltjaival szemben már jóval 1645 előtt lecsillapodott ugyan, de a Maunder minimum egész ideje alatt az 1774-es Wilson-féle észlelésekig az elfogadott nézet az volt, hogy a napfoltok a Nap felhői; és ki vezet naplót a felhőkről? Végül gyaníthatjuk, hogy a napfoltok, mint a tudományban bármi más, divatba jöttek, majd kimentek a divatból. Csak átmenetileg kerültek az érdeklődés központjába. A kezdeti távcsöves vizsgálatok viharhullámának

elmúltával a napfoltok az akkori tudomány szélcsendesebb vizeire sodródtak. Ha ez így van, ebben részben Scheiner vaskos könyve is hibás lehet: A Rosa Ursináról azt tartották, hogy unalmas, pedig a bőbeszédűség abban az időben megszokott volt, és lehet, hogy ez fojtotta el egy időre a kezdeményezést.

Sarki fény

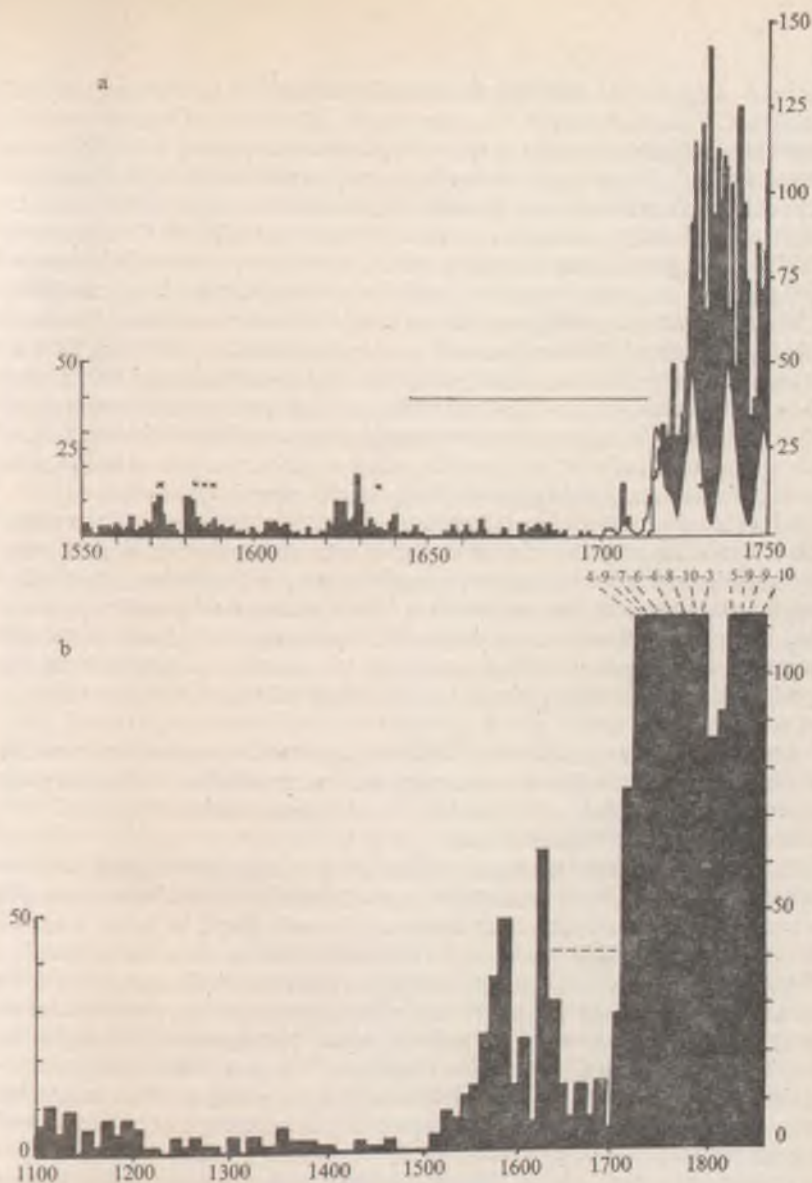
Az északi és déli félgömbön észlelt sarki fények számáról maradt feljegyzések az előbbiektől független vizsgálati alapot adnak a régmúlt idők naptevékenységéről, ugyanis jól megalapozott kapcsolat áll fenn a napfoltszám és azon éjszakák száma között, amikor sarki fény figyelhető meg. A fizikai kapcsolat indirekt: sarki fény keletkezik, amikor a Napból származó töltött részecskék kölcsönhatásba kerülnek a Föld mágneses terével, amely gyorsítja őket, majd ütköznek a felső légkör molekuláival. A sarki fények jelzik ezért a Nap részecské-keltő eseményeit (a flereket, vagy eruptív protuberanciákat) amennyiben az általuk kiváltott részecskeáram a Föld felé tart. Mivel ezek az események a Nap aktív vidékein történnek, ahol a napfoltok is vannak, így erős pozitív korreláció van a két jelenség észlelt száma között.

A sarki fények különösen jelentősek, mint a régi naptevékenység jelzői, mivel látványosak és könnyen észrevehetőek, nem követelnek távcsöves apparátust, és órákig láthatók a Föld nagy területein. Ezeket, mint bámulatos és csodálatos dolgokat már a régmúlt történelmi korokban feljegyezték.

A naptevékenység erőteljes növekedését követi a sarki fényről szóló feljegyzések számának növekedése, és ezek számának csökkenése általában alacsony napfoltszámmal kapcsolatos, bizonyos körülmények között.

Valóban, az 1645 és 1715 közötti időszakot a sarki fények határozott hiánya jellemezte, mint arra elsőként *Clerke* mutatott rá. Ezt írta: „... erős, noha indirekt bizonyíték van arra, hogy a ‚tartós napfolt minimumot‘ mélységes mágneses csend kísérte.” A régi sarki fény katalógusok megerősítik azt az állítását, hogy a Maunder minimum éve alatt rendkívül kevés sarki fényt jegyeztek fel. Sokkal kevesebbet, mint akár a megelőző, akár az ezt követő 70 évben.

A sarki fény gyakorisága erősen függ a földrajzi szélességtől, vagy pontosabban a mágneses pólusoktól való távolságtól. A modern kor sarki fény számlálásainak kiértékelése alapján arra következtethetünk, hogy csaknem minden éjszaka várható sarki fény jelenség az ún. „északi sarki fény zónában”. Ez a geomágneses szélességi öv magában foglalja Észak-Szibériát, Skandinávia legészakibb részét, Izlandot, Grönlandot, valamint Kanada és Alaszka északi felét. Egy sokkal sűrűbben lakott zóna található ettől délebbre — Svédországban, Norvégiában, Skóciában — évente kb. 25—200 éjszaka várható sarki fény, magasabb szélességeken többször, dél felé haladva fokozatosan egyre kevesebb. Anglia legnagyobb részén, beleértve London környékét, 5—10 éjszaka látható sarki fény évente, vagy durván 500-szor egy 70 éves „normális” időszak alatt.



59. ábra. A sarki fény feljegyzések száma (Fritz nyomán). a) Az összes feljegyzések száma 1550—1750 között; a fehér görbe a jobb oldalon az évi közepes napfoltszámot mutatja; a Távól-Keleten feljegyzett sarki fényeket kis sötét négyzetek jelzik. b) A 0° és 66° északi szélességek közötti feljegyzések száma tízéves időszakonként ábrázolva; az 1715 utáni értékek helyes léptékű ábrázolásához szorozni kell a hisztrogramm fölé írt számokkal. A Maunder minimum idejét mindkét diagrammon vízszintes vonal mutatja.

Párizsban ugyanez idő alatt 350, Olaszországban talán 50 alkalommal várható. Angliából, Franciaországból, Németországból, Dániából és Lengyelországból, ahol aktív csillagászok voltak a Maunder minimum ideje alatt 300—1000 sarki fényes éjszakáról várhattunk volna feljegyzést a mai statisztikák alapján. A Fritz-féle katalógus pedig csak 77 sarki fényt sorol fel az egész világra az 1645-től 1715-ig terjedő időszakra, és ezek közül 20 egy rövid, 1707-től 1708-ig terjedő időközre esik, amikor napfoltokat is láttak. A Maunder minimum ideje alatt volt olyan 37 év, amikor egyetlen sarki fényről sem történt feljegyzés sehol. Gyakorlatilag minden feljegyzés Európa északi részéből származik: Norvégiából, Svédországból, Németországból és Lengyelországból. 1645-től 1708-ig, 63 éven át Londonban nem láttak sarki fényt. A legközelebbi, az 1716 március 15-i arra indította Edmund Halley csillagászt, hogy leírja és megmagyarázza a jelenséget egy ma már klasszikusnak számító írásában. Ekkor ő 60 éves volt, és még soha nem látott sarki fényt azelőtt, noha az égbolt szorgalmas megfigyelője volt, és már hosszú ideje várt arra, hogy megfigyelje ezt a jelenséget.

A régi katalógusok nem tartalmazhatnak sarki fény észleléseket, hanem csupán a sarki fényről szóló tudósításokat. Clerke nem említette, hogy a sarki fény számlálások a 18. század előtti századokban a mai értékhez képest mind nagyon alacsony számokat adtak. Az a 77 eset, amelyet a Maunder minimum alatt feljegyeztek, felülmúlta az összes előző században feljegyzett események számát, a 16. század kivételével, amelyből 161 esemény szerepel a Fritz-féle katalógusban. Ezzel ellentétben a 18. században 6126 volt, kb. ugyanannyi a 19. században is.

A valóban meglepő a régi sarki fény feljegyzésekben nem annyira a Maunder minimum alatt bekövetkezett csökkenés, hanem a sarki fény tevékenység egy kétségtelen fokozódása, amely a 16. század közepén kezdődött, majd 1716 után drámaian emelkedésnek indult.

Persze a feljegyzések számának növekedésére komoly hatással volt a társadalom változása is. Ahol a tudományos gondolkodás és érdeklődés magasabb szinten állt, ott valószínűbb, hogy feljegyezték a sarki fényt, ha láttak. Egy biztos, a sarki fény észlelésekről talált feljegyzések mennyisége nem növekedett állandóan az idők során. A 9—12. századok folyamán emelkedett, majd csökkent. A 16. század eleji erős emelkedés a Maunder minimum alatt visszaesett. Azt gyaníthatjuk, hogy a sarki fény feljegyzések számának az 1716-os évet követő hatalmas megugrása közvetlen következménye volt Halley fontos dolgozatának, amely a sarki fény jelenségnek szilárd tudományos alapot adott, így egyre több sarki fény megfigyelés történt és rendszeresebben készítettek erről feljegyzéseket.

Arra vonatkozóan, hogy a Maunder minimum jelenléte a sarki fény feljegyzésekben biztosan reális, az 59. ábrán kifejezett szünetként látható a már felfelé ívelő görbén. Amennyiben Maunder először Fritz sarki fény atlaszát nézte volna meg, már ebből is felállíthatta volna a „tartós napfolt minimum” hipotézisét.

Szabadszemmel látott napfoltok

Már jóval a távcső felfedezése előtt is láttak szabadszemmel napfoltokat, főleg a Távols-Keleten, ahonnan több folyamatos feljegyzés is fennmaradt.

1933-ban (5 évvel Maunder halála után) *Sigeru Kanda*, a Tokiói Csillagászati Obszervatórium munkatársa katalógusban állította össze az ősi japán, koreai, és kínai forrásokból származó vonatkozó adatokat; ezek szerint az i. e. 28-tól 1743-ig terjedő időszakban 143 alkalommal láttak napfoltot. A legtöbb a 3. század utáni időkből való, így e hosszú időszakban átlagosan évtizedenként egy esik. Amennyiben ezek szabályos eloszlásban jelentkeztek volna (így éppen maximumok idején), akkor a Maunder minimum tartalmára hatot, vagy hetet várhatnánk. Jelentős, hogy 1639 és 1720 között egy foltról sincs említés — a Távols-Kelet ezen adathiánya igen jól egybevág a nyugati féltekén tapasztaltakkal.

Társadalmi szokások, vagy kényszerűség is akadályokat gördíthetett a napfoltokra vonatkozó megfigyelések és feljegyzések útjába, amely így egy látszólagos, de nem valószínűsági hiányra vezetett. Ezenfelül az 1639-től 1720-ig tartó napfolt hiány nem az egyetlen és nem is a leghosszabb időszak abban, amelyre a Kanda-féle lista vonatkozik: 1604-ben ért véget egy 84 éves, 1520-ban egy 117 éves és 808-ban egy 229 éves időszak, amelyben egyetlen egy napfoltot sem láttak (60. a. ábra).

Bizonyos értelemben kiegészíthetjük a fentieket azzal, ha tekintetbe vesszük a japán, koreai és kínai sarki fény észlelésekről készült feljegyzéseket. Mindezen országok alacsony geomágneses szélességeken fekszenek, ahol nem várható több sarki fény, mint tízévente egy. Éppen úgy, mint ahogy napfoltoknak szabadszemmel történt észlelése, a Keleten feljegyzett sarki fények is erős naptevékenység időszakaiban várhatók. A keleti napfolt és sarki fény adatok megerősítik azt, hogy a Maunder minimum alatt a naptevékenységnek nem voltak élénk periódusai, és valószínűleg a napciklusnak sem volt, „normális” maximuma.

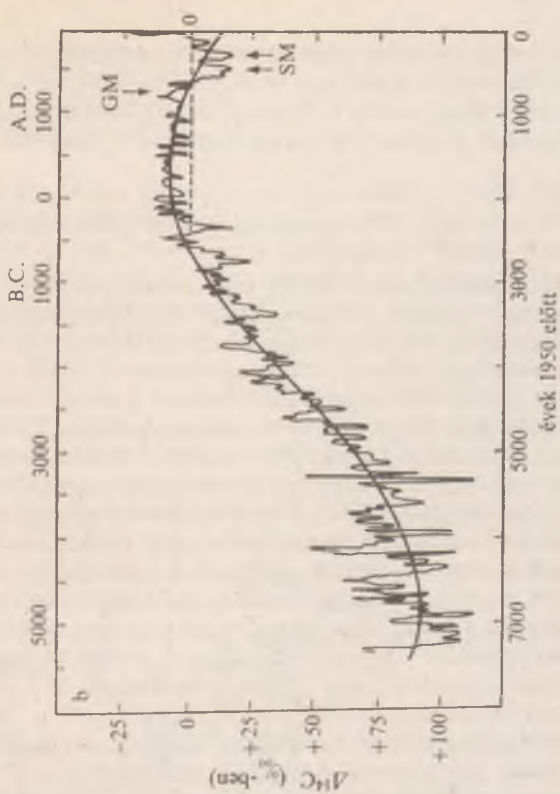
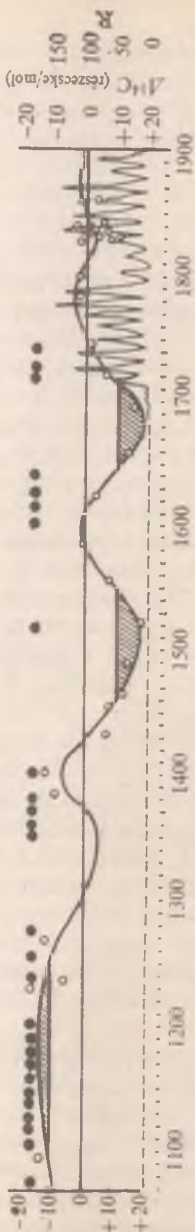
A hosszú időszakot felölelő keleti napfolt adatokat felhasználhatjuk az esetleges korábbi tartós minimumok, vagy a napfolt aktivitásban jelentkező más globális, hosszú időtartamú modulációk durva felismerésére. Különös figyelmet érdemel a napfolt és sarki fény feljegyzések megsokszorozódása abban a 200 éves időszakban, amelynek centruma 1180 köré esik, és amely nagyjából félúton van a Maunder minimum és egy a keleti napfolt és sarki fény észlelésekben mutatózó és hosszabb időszakra kiterjedő hiány között, amely a 7. században és a 8. század elején volt. Amint azt lentebb kimutatom, a szabadszemmel történt megfigyelések maximuma egybeesik egy hasonló, a ^{14}C mérések alapján kimutatható napaktivitási maximummal. Ha ez valóban a napaktivitás hosszú időtartamra vonatkozó burkológörbéje, akkor periódusa durván 1000 év.

A ^{14}C és a Nap története

A Maunder-féle „tartós napfolt minimum” modern bizonyítékának tekinthetők azon újkeletű mérések eredményei, amelyek a ^{14}C múltbeli gyakoriságára irányulnak. A szén és radióaktív izotópjai nagy mennyiségben találhatóak a Föld légkörében, főleg széndioxid (CO_2) alakjában. Miután a CO_2 beépül például a fákba, a szén izotópok jól ismert arányban spontán bomlásra mennek át. Egy ma már biztos alapon nyugvó technika segítségével meg lehet határozni a széntartalmú minta, így a fa életkorát az által, hogy a kémiai mért jelenlegi ^{14}C tartalmát összehasonlítjuk a feltételezett eredeti mennyiséggel. A módszer előfeltétele a légköri ^{14}C múltbeli gyakoriságának ismerete, amelyet megkaphatunk ismert korú fák vizsgálatával, ha évgyűrűről évgyűrűre meghatározzuk ^{14}C tartalmukat.

Számos kutató rámutatott arra, hogy a ^{14}C gyakoriság változások felhasználhatók a régmúlt naptevékenység mérőszámaiként. Ez a szén izotóp folyton keletkezik a légkörben a kozmikus sugárzás hatására, amelyet viszont a napaktívitás modulál. A napaktívitás megakadályozza, hogy a galaktikus kozmikus sugárzás egy része elérje a Földet. Napfoltmaximumok idején a légkörben a normálisnál kevesebb ^{14}C keletkezik, ezért az akkoriban élt fák évgyűrűiben is kevesebbet fogunk találni. Ha a Nap nyugodt, növekszik a Földet bombázó galaktikus kozmikus sugárzás erőssége és emelkedik a ^{14}C aránya az atmoszférában. A Nap hosszantartó nyugodt időszakai igen magas ^{14}C gyakoriságukkal nyomot hagynak a fák évgyűrűiben. Az első nagyobb anomália, amit a ^{14}C -re vonatkozó első vizsgálatok mutattak, az határozott és tartós növekedés volt, amely maximumot kb. 1650 és 1700 között ért el, kiváló egyezésben a Maunder minimummal. A szóban forgó ^{14}C gyakorisága és a naptevékenység között talált korrelációkról részletes tájékoztatást nyújt a 58. ábra. Óvatossá kell lenni azzal, hogy milyen ^{14}C változásokat tulajdonítunk a Napnak, mert vannak más jelentős mechanizmusok is. A ^{14}C képződés hosszú-időszakos hatásainak túlnyomó részét a Föld mágneses térerősségének erőteljes változásai okozzák. Az archeomágneses kutatások kimutatták, hogy az elmúlt 10 000 évben a Föld mágneses momentumának erőssége több, mint 2-es faktossal változott meg, egy nyilvánvalóan szinuszos burkológörbét követve, kb. 9000 éves periódussal, amelyre rövidebb időszakos változások szuperponálódnak. A földi momentum maximumot kb. 100-ban ért el, amikor a ^{14}C képződésnek minimuma volt, mivel a megnövekedett tér leárnyékolja a Földet a kozmikus sugárzás elől. A geomágneses változásokat mutató, 60. b ábrán látható jól illeszkedő simított görbét kőületekben levő ^{14}C tartalom alapján határozták meg.

A sekély völgy és hegy a 14. században, illetve a 15. század elején a 60. a ábrán egy kb. 170 éves másodlagos napciklus jelenlétére utal, de ez túlságosan csekélynek látszik ahhoz, hogy jogosan további következtetéseket tegyünk. Reméljük, hogy további ^{14}C adatok nyomán tisztább kép fog kialakulni. A jelenleg rendelkezésre álló ismeretanyaggal a következő módon írhatjuk le a Nap utóbbi



60. ábra. a) A légköri ^{14}C relatív gyakoriságának ingadozása a fák évgyűrűire vonatkozó vizsgálatok alapján 1050 és 1900 között. Az üres körök a mérési adatokat tüntetik fel. A vastag folytonos vonal a déli félgömb adataira illeszkedik. A fekete pontok a szabadszemmel látott napfoltok idejét jelzik (Kanda nyomán). Az évi közepes napfoltszám (R) menete vékony folytonos vonallal van ábrázolva. A sátozott szakaszokon a ^{14}C gyakoriságának ingadozása 10%-nél nagyobbak tekinthető. Ezek valószínűleg anomáliákat jelentenek a napciklus viselkedésében: 1100-tól 1250-ig Nagy Maximum, 1460-tól 1550-ig Spörer Minimum, 1645-től 1715-ig Maunder Minimum. b) A mért ^{14}C -re vonatkozó ingadozások és a Föld mágneses momentumának megfigyelt (simított) szinuszos változása kb. i. e. 5000 óta. A mágneses momentum 10^{24} gauss/cm 3 körül maximumot ért el kb. i. sz. 100-ban. Ebben a cikkben a Nap hatásának tulajdonított rövidebb idejű ^{14}C ingadozásokat nyilak jelzik: M a Maunder Minimum, S a Spörer Minimum, és GM a 12–13. századi Nagy Maximum. A görbe mai végén az éles negatív ^{14}C eltérés a Suess-effektus, amelyet a szilárd tüzelőanyagok égetésének tulajdonítunk.

évezredes történetét: egy valószínű Nagy Maximum a 12. században, lassú esés egy 1500 körüli, évszázadig tartó minimum felé, egy rövid elmelkedés a „normálisig”, és aztán esés a rövidebb, mélyebb Maunder minimumba, amely után állandóan emelkedő burkológörbe jellemzi a naptevékenységet.

A korona hiánya napfogyatkozáskor

Régi napfogyatkozásokról, így a napkoronáról szóló leírások további lehetőségét kínálnak a Nap múltbeli rendellenes viselkedésének ellenőrzésére. Tudjuk, hogy a korona alakja, ahogy azt napfogyatkozáskor láthatjuk, a naptevékenységgel változik; amikor a Napon sok folt van, a korona számos hosszú, elkeskenyedő íves szalagból áll, amelyek a virágok szirmaihoz hasonlóan terjednek kifelé. Ahogy az aktivitás csökken, a korona halványul, és egyre kevesebb íves szalag látszik. A napciklus normális minimumainál a korona összenyomott és az egyenlítő mentén szimmetrikusan megnyúlt. Ma úgy tudjuk, hogy a korona íves szalagjai a Nap felszínén koncentráltodott mágneses terekben gyökereznek, amelyek a napaktivitással és a napfoltokkal vannak kapcsolatban. Amikor a napfolt eltűnik, eltűnnek az oda koncentrált mágneses terek és a velük kapcsolatos korona-struktúra is. A *Skylab* fedélzetéről a röntgen tartományban végzett folyamatos és részletes korona észlelések megerősítették azt, hogy kapcsolat van a *korona-alakzatok* és a *felsőlni hurkok* és *ívek* között, és megmutatták, hogy ahol nincsenek koncentrált terek, hurkok, vagy ívek, ott nincs látható korona.

Ha egyáltalán nem volna naptevékenység, napfogyatkozáskor akkor is egy halvány, egyenletes fényességet figyelhetnénk meg a Hold körül: az állatövi fényt, vagy hamis koronát, amely egyszerűen a Nap és Föld között levő poron és egyéb anyagokon szórt napfény. Normális napaktivitás idején a fogyatkozáskor látott korona keveréke a valódi koronának (vagy K koronának) és a halványabb állatövi fénynek (vagy F koronának). Ez utóbbi egy nagyjából szimmetrikus fényöv a Nap körül, amelynek fényessége csökken, amint távolodunk a Nap peremétől, és megnyúlt alakú a bolygók síkjában, ahova a bolygóközi port koncentrált a gravitáció. Ha az F korona valaha látszott egymagában, egy fakó, némileg vörösös, kísérteties fénygyűrű lehetett, különösebb struktúra nélkül.

Valóban, a Maunder minimum idején lejátszódott teljes napfogyatkozásokról szóló első kézből származó leírásokból arra lehet következtetni, hogy akkor nem volt a korona olyan, amilyenek ma ismerjük. A 19. század végéig nem ismerték fel, hogy a korona a Naphoz tartozik; azelőtt a Föld, vagy a Hold légkörében szóródó napfényként magyarázták. Napfogyatkozásokat rendszeresen és rutinosan észleltek már a 17. században, de nem a Nap fizikájának tanulmányozására. Alkalmat adtak azonban a napfogyatkozások a pályaszámítások ellenőrzésére, továbbá a nap- és holdkorong relatív nagyságának méré-

sére. Ilyen adatokat legpontosabban nem egy szabadban álló távcső okulárján keresztül nézve kaphatunk, hanem egy elsötétített szobában, a nap- és holdkorongnak egy fehér lapra történő kivetítése révén. Ilyen körülmények között a korona könnyen észrevétlen maradhat, különösen mivel oly rövid ideig látható egyáltalán

1945 és 1715 között 63 esetben volt teljes napfogyatkozás, de ebből csak 8 volt, amelynek láthatósági zónája Európa olyan részein haladt át, ahol csillagászok dolgoztak (61. ábra). Egy további esetet (1698) az Új Világból tartunk számon. Csak néhány európai fogyatkozás totalitási zónája esett egy csillagvizsgáló közelébe, és a három legjobban megfigyelt fogyatkozás a kérdéses időszak vége felé volt: 1706-ban, 1708-ban és 1715-ben, amikor újból kezdtek foltok megjelenni.

Mindezek ellenére egy maréknyi felhasználható adat áll rendelkezésre. Az 1652-es, 1698-as, 1706-os és 1708-as fogyatkozásokról találtam csak korabeli, első kézből származó leírásokat a koronáról. Ezeket általában amatőrök készítették, és olyanok, akik nem alkalmazkodtak az akkori szokásokhoz, mindenre nyitva lévő szemmel figyelték meg a jelenséget. Senki sem írja le a koro-



61. ábra. Teljes napfogyatkozások totalitási zónái Európában 1640 és 1715 között (Oppolzer nyomán). A csillagvizsgálók helyeit, amelyek erre az időszakra eső napfogyatkozás észleléseikről számoltak be, nagy pontok jelzik.

nát struktúrásnak. Senki nem említi az íves szalagokat, amelyek ma minden fogyatkozáskor szabadszemmel oly könnyen látszanak a Nap peremétől egy foknyira, vagy messzebbre is. Mindnyájan tipikusan kis, 1—3 ívmásodperc kiterjedésűnek írják le a koronát; minden esetben halványnak, gyászosnak és gyakran vörösesnek. Rajzokat nem készfettek. A leírások nem mondanak ellent annak a képnek, ahogyan fogyatkozások alkalmával az állatövi fény látszana, és a valódi korona hiányozna.

1715-re az évi napfoltszám elérte a 26-ot, és emelkedőben volt. Az ez évi fogyatkozáskor, a Maunder minimum végén, a koronát elég jól leírták, és első eset volt, hogy le is rajzolták. Első ízben írtak a „Naptól kiáradó” tisztán kivethető korona struktúráról. A Cambridge-i egyetemen *R. Cotes* (egy Newtonhoz írt levelében) a koronát mintegy a Hold körüli fehér fénygyűrűnek írja le, amelynek legfényesebb része 5 ívpercnyre terjedt ki, majd hozzáteszi a következőket: „a gyűrű mellett jóval halványabb fényű, egymást derékszögben metsző sugarak látszóttak... A kereszt hosszabb és fényesebb ága csaknem teljesen az ekliptika mentén feküdt, a rövidebb olyan halvány volt, hogy nem láttam mindig.”

Feltételezhetjük, hogy a fény a rövidebb ágban a poláris sugarakkal azonos, amelyet manapság napfolt minimumkor látunk, és a hosszabb, fényesebb ág az alacsony napfolt tevékenységnél látható megszokott egyenlítői kiterjedés. Így 1715-re már megtaláljuk a korona modern terminológiájának megfelelő leírását.

Népszerű leírásokból megtévesztően úgy tűnik, mintha az ókorban a napkoronát olyannak látták volna, mint amilyenek ma ismerjük. A legtöbbször két régi írást idéznek; az egyik szerzője *Plutarkhosz* (46—120), a másiké *Filosztratosz* (170—245). Egyik tudósítás sem egyértelmű, és nem dönthető el, hogy látszott-e struktúra, vagy nem. Ebben nem különbözik egyetlen későbbi leírás sem, a 18. századig. Az 1567 április 9-i napfogyatkozásról a sötétedés maximumának idejéről *Clavius* ezt jelentette: „egy keskeny fénygyűrű a Hold körül”, ámbar Kepler szerint ez egy *gyűrűs fogyatkozás* volt. *Jessenius* azt írta, hogy az 1598-as teljes fogyatkozáskor „... egy erős fény ragyogott a Hold körül.” És maga Kepler így számol be az 1604-es fogyatkozásról: „A Nap egész teste teljesen egy rövid időre elfedésbe került. A Hold felülete egészen feketének látszott, de körülötte szabályos gyűrű alakban vöröses színezetű ragyogó fény világított, ami az égbolt tetemes részét elfoglalta.” Sem ezek, sem az egyéb általam talált leírások nem illenek a sugaras, vagy struktúrás koronára, hanem ahogy én látom, az a legvalószínűbb, hogy a leírások az állatövi fényre, vagy az *F* korona által túlsugárzott oly gyenge fényű *K* koronára vonatkoznak.

Lehet, hogy a 18. századi természettudományos felvilágosodásig senki sem tartotta szükségesnek, hogy feljegyezze a korona megkapó szerkezetét, amely fogyatkozáskor látható. Valóban, vannak más példák is a fogyatkozások megfigyelésének történetéből, amikor jelentős és szembeszökő sajátosságokat szelasztottak el jó észlelők, mert más volt megfigyelésük célja. Talán a fogyatkozáskor előtűnő koronasugarakat közönséges légköri jelenségnek gondolhatták,

és nem helyeztek súlyt azok leírására. Más mentségek is kínálkoznak. De nehéz lesz bárkinek, aki szabadszemmel látta a koronát, elfogadni ezeket a magyarázatokat, és azt hinni, hogy a sok száz teljes fogyatkozást megfigyelők ezrei közül mindenki megjegyzés nélkül hagyott volna egy ilyen lélegzetelállítóan szép jelenséget. Ezért számomra sokkal valószínűbb az, hogy a — talán 1400-tól 1700-ig elhúzódott — Maunder és Spörer tartós minimumok jelentős részében a Nap olyan aktivitási minimumban volt, hogy a *K* korona ténylegesen gyér volt, vagy teljesen hiányzott. Lehet, hogy ugyanez áll fenn egy hosszabb, 1400 előtti időszakra nézve is.

* * *

A Maunder minimum létezése és annak a lehetősége, hogy a Nap viselkedésében korábbi hasonló nagyságú fluktuációk is voltak, azt sejteti, hogy a naptevékenység jelenlegi ciklusa *rendkívüli*, amennyiben nem *átmeneti* állapot.

AZ ANYAG ÉS AZ ANYAGFORMÁK

A filozófia belső fejlődése és az újabb szaktudományi kutatások filozófiai vonatkozásai — ezeken belül nem utolsósorban a csillagászat eredményei — napjainkban egy sor, korábban nem érzékelt problémát vetettek fel. Különösen vonatkozik ez egyrészt az anyag fogalmára mint filozófiai kategóriára, másrészt az anyag mint általános valóság és a szaktudományok által feltárt anyagformák viszonyára.

A régi materializmus a konkrétumok síkján kereste az anyag fogalmának meghatározását. Ennek érdekében valamely végső anyagfajta után kutatott, az anyagi világ végső építőköveit, a konkrétumok hierarchiájának az alapszintjét kereste. A mechanikus materializmus anyagfogalmának kritikáját az újabb kori tudományos eredmények alapján a filozófia ugyan elvben elvégezte, azonban továbbra is ott kísért ez a szemlélet az anyag fogalmával kapcsolatos mai vitákban, és főleg az anyag és szerkezete problémáival kapcsolatos szaktudományos kutatásokban és közgondolkodásunkban. A mechanikus materialista állásponton, amely az anyag fogalmát a „konkrét egyes” síkján vizsgálta, kétségtelenül túllépett a filozófiailag művelt közszellemünk. Ez azonban többnyire csak azt jelenti, hogy az anyag szerkezetének vizsgálatánál elvben ugyan lemond a „végső építőkövek” kereséséről, de gyakorlatilag az anyag fogalmát valamely anorganikus anyagformához kapcsolja és a kérdést a természettudományok fejlődésének jelenlegi szakaszában az elemi részek strukturaproblémájára redukálja, vagy az „ősrobbanáshoz”, mint abszolút kezdethez tartozó anyagformákkal azonosítja. Az anyag fogalmát és szerkezetét illetően megreked a mechanikus materializmus „konkrét egyes” fogalomkörén belül mozgó szemléleten.

Az idealizmus a mechanikus materializmussal szemben az anyag fogalmát a „konkrét egyes” fogalomkörrel ellentétben az absztrakt síkján keresi. Az arisztotelészi, és utána csaknem minden objektív idealista filozófiai iskolában megjelent „materia prima” fogalma jól jellemzi ezt a tendenciát. Arisztotelész szerint minden egyes dolog két principiumból áll: az anyagból és a formából. A Világegyetem alapját egy meghatározhatatlan szubsztrátum képi és ez a „materia prima”. A „materia prima” azonban az arisztotelészi koncepció szerint csupán absztrakcióként — tegyük hozzá „absztrakt egységként” — létezik, és az

önmagában anyagtalan forma tevékenységén keresztül válik konkrétta. A mechanikus materializmus „konkrét egyes” és az objektív idealizmus „absztrakt egyes” síkján keresett anyagfogalma azonban, a módszer ellentéte ellenére, tartalmi azonosságot mutat. Ezt jól illusztrálja az arisztotelészi koncepciót valló Aquinói Tamásnak az a véleménye, miszerint a minél egyszerűbb konkrét anyagformák vizsgálata, melyek lényegét egyre kevesebb bonyolult jelenség fedi el, egyre közelebb visz az absztrakt „materia prima” megismeréséhez. Ezen az úton egyre közelebb kerül egymáshoz a *mechanikus materializmus* és az *objektív idealizmus* az anyag fogalmának vizsgálata során.

Marx Károly életműve ennek a kérdésnek vizsgálati módszerében is minőségi változást hozott a filozófiai gondolkodás terén, még ha Marx nem is foglalkozott közvetlenül az anyag fogalmának kérdésével. A marxi szemlélet alapján az anyag fogalmát az általános síkján kell keresni; az anyag és szerkezetének fogalma sokkal általánosabb kategória, semhogy bármilyen egyeshez kapcsolható lenne, de az idealizmus módszerével szemben ennek az általánosnak a megragadását nem az absztrakció útján kell végigvinni, hanem az *anyagot* — *mint általános valóságot* — *a konkrét általános síkján, mint a sokféleség egységét kell megragadni.* (1)

A marxista filozófia történetében a marxi szemlélet alapján az anyagfogalom kifejtése érdekében Lenin végzett korszakot határoló munkát. A századforduló táján a fizika fejlődése robbanásszerűen változtatott meg egy korábbi, statikussá merevedett világképet. A robbanás, mint az mindig lenni szokott, a tudomány fejlődése mellett félremagyarázásokra, vagy jobbik esetben félreértésekre tág lehetőséget biztosított, és a századforduló felfedezéseivel egyidejűleg született meg a „fizikai idealizmus” néven ismertté vált, az eredményeket szubjektív idealista aspektusból interpretáló filozófiai irányzat. Lenin számára a közvetlen feladat az volt, hogy az objektív valóságot és a megismerhetőséget tagadó új szubjektív idealizmussal szemben megvédje a materialista álláspontot. Ezt a feladatot — többek között — a *Materializmus és empiriokriticismus* c. művében végezte el és adta meg az azóta már klasszikussá vált anyag-definícióját:

„Az anyag filozófiai kategória, amely érzeteinkben feltáruuló, érzeteinkkel lemásolt, lefényképezett, visszatükrözött, érzeteinktől függetlenül létező objektív valóság megjelölésére szolgál.” (2)

Napjaink filozófiai vitáiban gyakran felmerül a lenini anyagfogalom kritikája. A tudománytörténetből ismert, és a tudományok logikájából adódik, hogy minden tudományos állítás, definíció csak a maga határfeltételei között érvényes. A történelmi körülmények és a lenini meghatározás tartalmi vizsgálatából egyértelműen következik, hogy a fenti definíció határfeltételei a szubjektív idealizmus által felvetett kérdések. *Nem a lenini anyagfogalom kritikáját jelenti a határfeltételek felismerése, hanem azoknak a filozófusoknak a kritikáját, akik a lenini anyagfogalmat metafizikusan kezelték és dogmaként parttalanították.*

A filozófia és a szaktudományok további fejlődése az anyag fogalmával szemben egy sor olyan kérdést vetett fel, amelyek a fenti határfeltételek közt már nem voltak megválaszolhatók. Az objektív idealizmussal folytatott filozófiai vita mutatott rá arra, hogy a lenini anyagfogalom lételméleti kezelésében az anyag és a tudat dualizmusának megengedhetősége rejlik, és hogy — csak a szavakat tekintve — a definíció minden létet, még az emberi tudattól független „szellemi létet” is az anyag fogalma alá vonja. A neopozitívizmus újabb kori megjelenése — ami ugyancsak a modern természettudományok által felvetett problémák szülötte — hívta fel a figyelmet arra, hogy a határfeltételeken túlmenő érvényesítés esetén a lenini anyagfogalom bizonyos empirista tendenciát mutat.

Talán nem szükséges külön hangsúlyozni, hogy a lenini anyagfogalom fenti „interpretálása” magától Lenintől teljesen idegen; a tudat lenini értelmezése előfeltételezi azt, hogy az az anyaghoz kötött és mi sem állt távolabb Lenintől, mint hogy a filozófiai megközelítést empirizmussal cserélje fel. A lenini életmű egészéből kiszakított „lenini anyagfogalom” vetheti csak fel az említett kérdéseket.

A fenti — közvetlenül filozófiai jellegű — problémákon túl azonban elsősorban a szaktudományok fejlődése mutatott a szubjektív idealizmussal szemben folytatott vita adta határfeltételek korlátaira. Az anyagformák struktúra-problémáihoz kapcsolódó vizsgálatok egyre inkább megkövetelték az *anyag* és az *attributumok* fogalmának szétválasztását, és az attributumok természetének — így például a mozgás, a téridő, a visszatükrözés, az alapvető tulajdonság stb. — hangsúlyozott kutatását.

Az anyag attributumai azok az anyagi valóságok, amelyek egyrészt egyetemesek, az anyag elválaszthatatlan sajátosságai, másrészt bár objektív, tudatunktól független valóságok, mégsem tartoznak az anyag fogalma alá. Az anyagfogalom lenini definíciója, mely a szubjektív idealizmussal folytatott vita során szükség-szerűen az objektív létet hangsúlyozta, a filozófiai absztrakció legmagasabb fokán az anyag fogalma alá vonta mindazt, ami a tudatunktól független objektív valóság; így az anyag attributumai is az anyag fogalmába kerültek. Napjaink tudományos problémái azonban megkövetelik többek között az anyag és a mozgás, az anyagformák és kölcsönhatásaik, az anyagstruktúrák és a téridő megkülönböztetését.

E megkülönböztetés nélkül merülhet fel például olyan probléma, hogy a speciális relativitáselméletből ismert tömeg-energia ekvivalencia törvényt ($E = mc^2$) olymódon interpretálják, miszerint az „anyag átalakul energiává”, vagy, hogy „az anyag és az energia ekvivalens”, mivel az anyag fogalmát nem különböztetik meg az egyik alapvető tulajdonságának, a tömegnek fogalmától, vagy az utóbbit éppen az anyag fogalmával azonosítják.

Az anyag és attributumainak filozófiai megkülönböztetését és az attributumok hangsúlyozott vizsgálatát a konkrét szaktudományos igényeken túl szük-

séggé teszi az anyag egységes fejlődéstörténetének, ezen belül a létformáknak, az anyagformák és a mozgásformák komplexitásának vizsgálata is.

Az anyagforma általános fogalma alatt az anyag minden konkrét megjelenési formáját magában foglaló valóságot értjük. Valamely konkrét anyagforma egyrészt önmagában is mindig rendszert reprezentál, másrészt egy magasabb síkon megjelenő anyagforma rendszerelemét képviseli; így a Föld, mint anyagforma önmagában is rendszert jelent, de egyben rendszerelve a Naprendszernek, mint egy más síkon megjelenő anyagformának. Példaként említhetnénk az atomot és a molekulát, vagy a sejtet és az organizmust is, mint anyagformákat. Az anyagformáról, mint különösről akkor beszélünk, ha az anyagformát, annak attribútumain keresztül, mint minőségileg meghatározottat kezeljük; így beszélhetünk az élettelen, az élő és a tudattal rendelkező anyagformákról. Az egyes anyagformák viszont az attribútumaikon keresztül nemcsak minőségileg, hanem mennyiségileg is meghatározottak.

Az anyagformák sorában különös szerepük van a csillagászati anyagformáknak, amelyek ugyan az alapvető minőségi meghatározottságaikat tekintve a fizika tárgyát képező anyagformákkal együtt az anorganikus létforma anyagformáit képezik; mint rendszerek azonban lényegesen különböznek azoktól. A stabil fizikai anyagformák a konkrét vizsgálati feltételek mellett zártnak tekinthető rendszerek, amelyek stabilitását — a megfelelő környezeti feltételek mellett — éppen a rendszer zártsága biztosítja. A nyílt rendszerek azonban már az anorganikus anyagformák területén is megjelennek; ilyenek a csillagászati anyagformák általában, különösen pedig a csillagok. A nyílt rendszerek „klasszikus” formája az élő rendszer, amely összetételének egy közelítőleg állandó állapotát tartja fent, s így azt egy dinamikus pszeudo-egyensúly jellemzi. A csillagászati folyamatok is valódi egyensúly nélküli nyílt rendszerben mennek végbe, azonban jelentős részfolyamatok során a konkrét egyes rendszer — pl. a csillag anyagának összetétele — a bonyolultabbá válás irányában, kozmikus hatását illetően meg nem fordíthatóan változik. Természetesen az élővilág egészét jellemző evolúciós változásokon túl a konkrét egyes élő rendszereknél is van egy irreverzibilis folyamat, de ez — a csillagokban lejátszódó eseményekkel szemben — nem a bonyolultabbá válás irányába hat, hanem az előregedéssel a leépülést jelenti. Nagyon fontos a csillagászati anyagformáknak erre a közvetlen fejlődést hordozó sajátosságára felfigyelnünk még akkor is, ha még a kollapszusokat követő folyamatokat és a második, vagy további csillaggenerációk szupernóva robbanásaiból következő „elszennyezés” következményeit nem ismerjük.

A filozófia feladata azonban nem az egyes anyagformák vizsgálata — ez a szaktudományok kutatási területe —, hanem az alapvető anyag- és mozgásformák, azaz létformák vizsgálatát kell a totalitás megragadása érdekében célul kitűznünk. Az alapvető létformák ismeretében, az azoknál felismert törvényszerűségekből és struktúra viszonyokból meghatározhatjuk azokat a valóban egyetemes törvényeket, melyek megfelelő transzformációval minden alapvető

létformára érvényesek, és így eljuthatunk az anyagnak és szerkezetének, mint legáltalánosabb kategóriának megismeréséhez.

A szaktudományos eredmények megkövetelték és egyre inkább megkövetelik az *anyag* és az *anyagformák*, valamint az anyag *attribútumainak* megkülönböztetését. A szaktudományos eredmények filozófiai általánosításának igénye és a filozófia belső fejlődése napirendre tűzte az anyag fogalmának — a lenini anyagfogalom határfeltételeitől nem korlátozott — újrafogalmazását, mellyel kapcsolatban hazánkban is élénk filozófiai vita bontakozott ki. Ennek a feladatnak a megoldását egyrészt a *konkrét általánost* és az *absztrakt általánost* megkülönböztető és a konkrét általánost kiemelő marxi szemlélet, másrészt Engels több helyen kifejtett gondolatai alapozhatják meg, melyekben Engels az anyagfogalmat az anyag attribútumaival definiálta, és ezzel a gyakorlat számára megkülönböztette az anyagot az attribútumaitól.

Hangsúlyoznunk kell azt az egyébként nyilvánvaló tényt, hogy minden múltban és jövőben megfogalmazott vagy megfogalmazandó tudományos állítás tartalmaz határfeltételeket. Határfeltételektől nem korlátozott, abszolút érvényű tudományos kijelentés, így befejezett, teljes és abszolút érvényű definitív anyagmeghatározás sem létezik, és ezért ez alkalommal is sokkal inkább törekszünk arra, hogy az anyag-fogalom belső logikáját érzékeltessük, mintsem, hogy definíciót fogalmazzunk meg. Ha erre mégis kísérletet teszünk, akkor azt csak tudásunk adott szintjén tehetjük meg. A marxizmus a szaktudományok eredményeire támaszkodó nyílt rendszer és szelleme ellen vétenénk, ha nem tartanánk szem előtt Engels instrukcióját, mely szerint

„a materializmusnak már minden korszakalkotó természettudományos felfedezéssel más formát kell öltenie”.(3)

A formális logika absztrakció alatt a dolgok bizonyos ismertetőjegyeinek kiemelését és a többi ismertetőjegyeiktől való elvonatkoztatását érti. Ennek megfelelően az absztrakt általánost úgy képzi, hogy kiemeli a dolgokban a közös ismertetőjegyeket és ha ezeket a tudományosság mindenkori színvonalának megfelelően lényegi ismertetőjegyeknek tudja, akkor az így kapott kategóriát általánosként kezeli. Így jut el a formális logika például az emlős, a gerinces és az állat, vagy a bolygó, a csillag és a galaxis fogalmához. Azonban, bár az így képzett általános fogalmaknak nem kis tudományos jelentősége van, mindenképpen meg kell állapítanunk egyrészt, hogy azok ismeretelméleti és nem lételméleti kategóriák, másrészt, hogy az anyaghoz, mint általános valóságához az absztrakt általános síkján nem juthatunk el. Engels ezt írja az absztrakt általános fogalmáról:

„Az anyag mint ilyen, merőben gondolati alkotás és absztrakció. Azáltal, hogy a dolgokat... az anyag fogalma alá vonjuk össze, figyelmen kívül hagyjuk minőségi különbségeiket. Tehát az anyag mint ilyen, mint a meghatározott létező anyagoktól különböző, nem érzékileg létező.”(4)

Az absztrakt általános tartalmában mindig szegényebb, mint bármely konkrét egyes, az a valóság leszűkített maradéka, bár terjedelmében szélesebb annál. A csillag fogalma például minden csillagot átfog, de csak a csillagok közös tulajdonságait tartalmazhatja, amihez képest bármely konkrét egyes csillag gazdagabb egyedi tulajdonságokkal rendelkezik. A formális logika oldaláról így vetődik fel az a probléma, hogy az anyag, mint absztrahálás útján képzett általános kategória, hogyan tartalmazhat olyan jegyeket, — mindenekelőtt a végtelenség jegyeit, — amelyeket az egyes anyagformák nem tartalmaznak, amikkel viszont az anyagot, mint általános kategóriát felruházzuk. Így például nem ismerünk és valószínűleg nem is ismerhetünk olyan egyes anyagformát vagy anyagformák rendszerét, amely térben végtelen és nyilvánvaló az is, hogy az egyes anyagformák, mint konkrét rendszerek időben korlátozottan léteznek. Ez vonatkozik természetesen mint anyagformára, mint konkrét rendszerre, a Metagalaxisunkra is. Csak az a szemlélet kérheti számon a modern kozmológiától a Metagalaxisunkra vonatkozóan a tér és az idő végtelenségét, amelyik nem tud különbséget tenni az anyag, mint általános valóság és a konkrét anyagformák között.

Szokás ugyan beszélni az anyagformák intenzív, strukturális végtelenségéről, ami azonban külön bizonyítást igényel. Minden egyes anyagforma véges számú és véges nagyságú attributum mellett válik konkrétta és így az anyagformák bázisán végzett absztrakció szükségszerűen csak a végesség keretei között mozoghat. *A fentiek következménye, hogy az anyagra vonatkozó egyetlen absztrakt általános definíció sem tartalmaz és nem is tartalmazhat kijelentést az anyag végtelenségére vonatkozóan, ami önmagában is felhívja a figyelmünket az absztrakció korlátaira.*

A problémát súlyosbítja az a — tudományos közgondolkodásunkban is gyakran fellelhető — szemlélet, amely a dolgokban lévő általánost azonosítja a fogalomban lévő általánossal; az anyagot, mint általános valóságot azonosítják annak filozófiai fogalmával és nem veszik észre, hogy az utóbbi esetben csak az objektív valóság tükrözéséről van szó. Az anyag, mint általános valóság nem azonos az anyagfogalommal, mint általános filozófiai kategóriával, ez utóbbi a tárgyat csak jól, vagy rosszul tükrözi. Az a folyamat, amelyben az anyagfogalom az anyagot, mint általános valóságot tükrözi, történelmi kategória, történelmileg valósul meg az egyre adekvátabb tükrözés. És ha az anyag absztrakt általános fogalma és az anyag, mint általános valóság között a tudományos ismereteink fejlődése során ellentmondásra figyelünk fel, akkor ez nem az anyagnak, mint az objektív valóság lényegének a problémája, hanem az absztrakció útján képzett fogalomalkotásunk korlátaira mutat rá, amire egyébként Engels is utal:

„Az absztrakciókat nem tudjuk megismerni, mert gondolati és nem érzéki dolgok, ezzel szemben minden megismerés érzéki mérés... A régi mese: először elvonatkoztatunk az érzéki dolgoktól, azután érzékileg akarják az így létrejött absztrakciókat megismerni.”(5)

Az absztrahálás felismert korlátai szükségszerűen a konkretizálás módszerére irányítják figyelmünket. *Konkretizáláson a dolog lényeges ismertető jegyeinek egymásra vonatkoztatását értjük.* Ennek megfelelően az anyag konkrét általános fogalmának meghatározása érdekében az anyag fogalmát a meghatározó attribútumaival, az anyag alapvető tulajdonságaival, a mozgással és a törvénnyel definiálhatjuk.

Az anyag konkrét általános meghatározását célzó kísérlet során az egyes anyagformákat vizsgáló szaktudományok eredményeire kell támaszkodnunk és attribútumaival definiálva az anyagot mondhatjuk: *az anyag, mint objektív valóság, saját belső törvényszerűségei és főparaméterekként értelmezett térideje által jellemzett módon mozog és a mozgása folyamán különböző, a fejlődéstörténete során megjelenő tulajdonságain keresztül válik konkrétá.* Nem nehéz azonban észrevennünk, hogy az így adott meghatározás még mindig az absztrakció jegyeit viseli magán, amennyiben „csak” az anyagformák közös jegyeit tartalmazza. Nem mutat rá arra a többletre, ami az anyagnak mint általános valóságnak sajátja minden anyagformával szemben, bár fellelhető a meghatározásban a konkretizálás mozzanata is, amennyiben „a dolog lényeges ismertetőjegyeinek egymásra vonatkoztatását” hangsúlyozza.

Az általános nemcsak mint a formális logika kategóriája létezik, hanem úgy is, mint a totalitás, azaz mint a dialektikus logika kategóriája. (6) *De a totalitás értelmében felfogott általános nem kizárólag az aktuálisan létező egyesek összessége; a konkrét általános fogalma sokkal többet tartalmaz, elvileg lényegesen gazdagabb annál. Tartalmazza a történelmileg korábban létezett és a még nem realizálódott egyest is; az anyagnak, mint általános valóságnak — önmaga törvényszerűségein kívül — elvileg semmivel sem határolt potencialitását.* Ha az anyagnak ezt a jellemzőjét összekapcsoljuk az attribútumaival adott meghatározásával, mondhatjuk: *az anyag elvileg semmivel sem határolt objektív valóság, ami történelme során megjelenő attribútumain keresztül válik konkrétá.*

A végtelen potencialitás alapján értelmezhető egyrészt a térnek és az időnek mind mennyiségi, mind pedig minőségi értelemben vett végtelensége, másrészt pedig a bonyolultabbá válás korlátatlansága, az intenzív végtelenség. Így kerülünk az anyag fejlődéstörténetének vizsgálatán keresztül egyre közelebb az anyagnak mint általános valóságnak megismeréséhez, így kap ebben a folyamatban egyre nagyobb szerepet a csillagászat, így válik számunkra konkrétá az a hegeli felismerés, hogy „a dolog története maga a dolog” és nem utolsósorban így teljesítjük azt a lenini tudományos programot, mely szerint „a fejlődés elvét egyesíteni kell... az anyag egységének általános elvével.”

A XIX. század negyvenes éveiben tette meg a tudományos gondolkodás e feladat megvalósításának útján az első döntő lépést, amikor Marx kimutatta a történetiséget az anyagi világ egy meghatározó szférájában, a *társadalomban*, és feltárta azokat a törvényeket, amelyek e történetiség mozgását, fejlődését meghatározzák. Egy évtizeddel később Darwin a történetiség és a fejlődés elvét

kiterjesztette a *bioszférára* is, de az anorganikus világ — a lokális és esetleges fejlődési mozzanatoktól eltekintve — még egy évszázadig statikusnak tűnt.

Korunk csillagászati eredményei, a vöröseltolódás, a maradványsugárzás, a kozmoszban tapasztalható He-eloszlás értelmezése nemcsak kozmikus rendszerünk, a Metagalaxisunk tágulását igazolta, hanem az értelmezés egyben az élettelen anyag fejlődéstörténetét is felvázolta a „forró Univerzum” hipotézisében. A „forró Univerzum” kép mellett a fejlődéstörténet nyomon követését tette lehetővé az a sejtés is, hogy a nagyenergiájú gyorsítóknál felvillanó „elemi részek” elsősorban nem az atomi anyag szerkezetét tárják fel, hanem egy meghatározott energia-koncentráció esetén olyan anyagformákat jelenítenek meg, amelyek a „forró Univerzum” azonos energia-koncentrációi mellett az anyag történeti formái voltak és amelyek között genetikai kapcsolat van. Így ismerjük fel, hogy a modern csillagászat és a nagyenergiájú-fizika kutatásai ebben az értelemben történelmet, mégpedig fejlődéstörténetet vizsgálnak. Ezzel az alapvető létformák történetiségének felvázolása a társadalomtól, az élővilágon keresztül, az anorganikus létformáig teljessé vált. Ez egyben az anyagnak mint konkrét általános valóságnak, mint totalitásnak teljesebb megismerését tette lehetővé.

Nyilvánvaló azonban, hogy amint az „ősrobbanást” nem tekinthetjük abszolút kezdetnek, úgy a tudományosságunk jelenlegi szintjén megismert anyagformák totalitását sem azonosíthatjuk az anyaggal mint általános valósággal. Annak megértését és megismerését bizonyára nagymértékben el fogják mélyíteni az „ősrobbanást” megelőző állapotok és anyagformák felderítése. Másrészt viszont az anyag, mint a dialektikusan értelmezett konkrét általános, potencialitást is jelent a ma létező egyes anyagformában megjelenő aktuálshoz képest. Az anyag fejlődéstörténete során létrejövő anyagformák aktuálisan fejlettebb formái inkább megközelítik azt a végtelen potencialitást, amit az anyag fogalma kifejez, mint az egyszerűbb formák. Többek között ezért sem igaz az a fizikalista szemlélet, amelyik az anyag fogalmát valamilyen módon az egyre elemibb fizikai valósághoz kívánja kötni, és úgy véli, hogy az egyre elemibb fizikai valóságok kutatása egyben az anyagnak mint általánosnak a kutatása is.

Sokkal inkább aktualizálódik az anyag mint végtelen potencialitás azokban az anyagformákban, amelyek ezt a végtelen potencialitást inkább megjelenítik az anyagformák bonyolultabbá válása során; így *az emberben sokkal inkább aktualizálódik az anyag, mint általános valóság, mint pl. az elemi részecskékben*. A már hivatkozott marxi szemlélet szerint a konkrét általános a sokféleségnek az egysége és nem a sok egyes közös tulajdonságának az egysége, ami nagyon lényeges és alapvető szemléleti különbséget fejez ki.

Mínthogy minden egyes anyagforma az anyagnak mint általános valóságnak megjelenése, minden egyes anyagforma léte az anyagban mint általános valóságban gyökerezik. Engels a világ „végső okáról” így ír:

„Causa finalis — az anyag és tőle elválaszthatatlan mozgás. Ez az anyag nem absztrakció.” (7)

A „causa finalis” mögé nem gondolhatunk az okok mechanikus láncolatában végső okként funkcionáló elemi anyagformákat. Ezeket az anyagformákat csak akkor nem tévesztjük össze az anyag fogalmával, ha tudjuk, hogy az anyag mint az objektív valóság lényege — nem pedig mint valamilyen konkrét anyagforma — a „causa finalis”, és hogy ugyanez a lényeg a mozgásban — és tegyük hozzá: az egyéb attribútumokban — konkretizálódik.

Az anyag fogalma, minthogy a legáltalánosabb fogalom, filozófiai kategória; nincsen attól megkülönböztetett „természettudományos” anyagfogalom, mint-hogy a természettudományok az anyagot nem az általános síkján, hanem egyes anyagfajták formájában vizsgálják. A marxista anyagfogalom teljes félreértése — vagy félremagyarázása — tükröződik a neotomista Wetter írásában:

„Lenin, hogy leküzdje a filozófiai materializmus számára az atomon belüli világ felfedezésével kapcsolatos nehézségeket, bevezette az anyag filozófiai és természettudományos fogalmának megkülönböztetését... Függetlenül akarta a dialektikus materializmust a természettudomány fejlődésében bekövetkező eshetőségektől.”(8)

Minden ilyen nézetről világosan kell látnunk, hogy ilyesmiről szó sincs. A dialektikus materializmus és különösen Lenin, elvileg elveti az anyag ún. természettudományos fogalmát. Ennek oka, az általános kategóriájának kérdésén túlmenően, nem utolsó sorban az, hogy az anyag ún. természettudományos fogalma többnyire csupán az anyag anorganikus formájához kapcsolódik. Az egyes szaktudományok mindig csak az anyagformák egy minőségileg meghatározott halmazával foglalkoznak, és így az azokból képzett konkrét általános fogalom is mindig csak partikuláris lehet és nem ölelheti át az anyagformák totalitását.

- (1) Marx: A politikai gazdaságtan bírálatának alapvonalai. MEM. 46/1. Kossuth 1972. 26—27. old.
- (2) Lenin Művei 14. kötet. 127. old.
- (3) Marx—Engels Válogatott Művek II. Szikra 1949. 368. old.
- (4) Engels: A természet dialaktikája. Szikra 1952. 264. old.
- (5) U. o. 247. old.
- (6) Szigetvári Sándor: Az induktív és deduktív következtetések kapcsolata az empiria síkján. Akadémiai Kiadó. 1970
- (7) Engels id. mű. 253. old.
- (8) Wetter: Der dialektische Materialismus. 1952. Wien. 318. old.

KÉTSZÁZ ÉVE ALAPÍTOTTÁK AZ EGRI CSILLAGVIZSGÁLÓT

Eger városát bárhonnan közelíti is meg a látogató, azonnal feltűnik egy zömök torony, mely uralkodik a város panorámáján. Ki álmodta meg e falakat, e tornyot? *Eszterházy Károly* egri püspök volt a torony alapítója és *Hell Miksa* bécsi csillagász a tudományos tanácsadó.

Eszterházy Károly, a papi pályára lépett gróf, 1745-ben 20 éves korában Rómába indult, hogy ott négy éven át a teológia tudományában mélyedjen el. Útja Páduán, Bolognán át vezetett. A négy római év, s a fejlett olasz egyetemek és csillagvizsgálók példája termékenyítették meg Eszterházy képzeletvilágát, hogy élete tervébe egy „Universitas” létesítését illessze be.

Hazatérve gyorsan haladt a pályáján. 1751-ben prépost, 1759-től váci, 1762-től egri püspök. 1762. október 1-én „consistoriumot” tart a létesítendő Universitas terveiről. Ezen jelen volt *Gerl József* is, akit az épület tervezésével bízott meg. Az egyetemet négy fakultással: teológiai, jogi, orvosi és bölcsészet-természettudományi részleggel tervezte. 1763-ra az épület tervrajza készen állt. Kivitelezésre *Fellner Jakobot*, az Eszterházy család építészt kértek fel. A tervezésbe 1762-től cselekvően bevonták Hell Miksát, az európai hírű tudóst, akit a püspök valószínűleg a nagyszombati Hittudományi Főiskolán ismert meg.

Hell Miksa, az Egri Csillagda patrónusa, apjának 21-ik gyermekeként, második házasságából született 1720. május 25-én, a *Selmecbányához* tartozó *Szélaknán*. Apja bánya-szakember, a selmecbányai üzemek matematikusa: gépmester volt. Ma ezt a munkát mérnökök végzik. A gyermek Hell Miksa édesapjától és fiútestvéreitől a szorgalmas munkát, műszerek készítését és gyakorlati megoldások keresését látta. Ez a munkás környezet kiválóan hatott fantáziájára. Kedvet kapott a fizikai és a technikai problémák megfejtéséhez. Középiskolai tanulmányairól kevés feljegyzés olvasható, valószínűleg Selmecbányán fejezte be őket.

Tanulmányait a Bécsi Egyetemen folytatta. Ez csak úgy volt megoldható, ha belépett a jezsuita rendbe. 1738-ban Zsolnán, majd a trencsényi novíciátusban tanult. Az újoncék után, 1741-ben lett a Bécsi Egyetem hallgatója. Filozófiát és logikát, fizikát és más természettudományi tárgyakat tanult. 1744-ben már önálló csillagászati megfigyelései jelentek meg. Átmenetileg Lőcsén mint tanár

működött, klasszikus nyelveket és magyar poétikát is tanított az ottani jezsuita középiskolában. 1748-ban újra a Bécsi Egyetemen van, hogy tanu'mányait befejezze. 1751-ben filozófiából megszerezte a doktori fokozatot.

Zsolnán érte az a megtiszteltetés, hogy felkérték az 1735-ben létesített nagyszombati Egyetemi Csillagvizsgáló újrászervezésére. 1752-ben pedig a jezsuita rend Kolozsvárra helyezte; az ún. *Báthory-Egyetemen* a matematika és a csillagászat tanítását bízták rá, továbbá az akkor épülő kolozsvári csillagvizsgáló tudományos tervezését. Közel három éven át munkálkodott Kolozsváron, ahol megfigyeléseket végzett és két matematikai tankönyvet is összeállított.

Kolozsvárról 1755 késő őszen Bécsbe szoltítja Mária Terézia császári parancsa. Hellt ugyanis az elhunyt *Marinoni* császári udvari matematikus és csillagász utódául nevezték ki. A császári csillagvizsgálót a műszerekkel együtt a Bécsi Egyetem fennhatósága alá helyezték. Ilyen módon Hell Miksa császári és királyi csillagász a Bécsi Egyetem ma is működő csillagvizsgálójának első igazgatója is volt.

Kötelességei közé tartozott többek között csillagászati évkönyv szerkesztése és kiadása is. Ennek évtizedeken át eleget is tett: *Ephemerides Astronomicae* címen latin nyelven adta közzé az évkönyveket. A bennük szereplő táblázatok adatait túlnyomórészt ő számította.

1768 tavaszán Hell Miksa munkatársával, Sajnovics Jánossal, a nagyszombati egyetem csillagdjában működő jezsuita csillagással útnak indult Dániába, a Lappföld északi részén fekvő *Vardö* szigetére, és ott 1769 június 3-án sikeresen megfigyelték a Vénusz bolygó átvonulását a Nap korongja előtt.

A császári és királyi csillagász utazását Mária Terézia VII. Keresztély dán és norvég király kérésére engedélyezte. A megfigyelésektől fontos eredményt vártak: a Nap-Föld távolság — a csillagászati egység — pontos értékét. Hell tudományos rangját méltóképp mutatja, hogy a tudományokat pártoló király választása rá esett, hogy e ritka csillagászati jelenség megfigyelésére expedíciót szervezzen.

Hell 1774 november 24-én keltezett levelében írja Eszterháznak: „Semmit sem óhajtok jobban, mint hogy munkámmal hasznára legyek hazámnak, de Excellenciádnak is. Kívánom, hogy az egri Specula és az egri egyetem a legcélravezetőbb tudományossággal felszerelve legyen hasznára a csillagos ég kutatásában”.

Eszterháznak gondja volt rá, hogy a leendő csillagvizsgálóhoz szakembert is képeztesen. A csillagász jelölt Madarassy János Bécsben, a Schottenbastei falára illesztett csillagásztoronyban szemlélte az eget éjszakáról éjszakára. Nappal előadásokat hallgatott. Mivel sokszor csak hajnal felé ért szállására, már sűrlődása is támadt a „Collegium Pazmaneum” vezetőségével. Hell azonban biztatta őt és Eszterházyt is: „*E nehézségek ellenére én ki akarom művelni Madarassy uramat, hogy ügyes asztronómus váljék belőle. Így becsülettel lehet majd az egri Specula vezetője. Úgy látom, megvan benne a kívánatos talentum és a vizs-*



62. ábra. Ez a kép Hell Miksát vardói útján ábrázolja. Háttérben az expedíció szállásául szolgáló faépület látható.

OBSERVATIO
TRANSITUS VENERIS
ANTE DISCUM SOLIS

DIE 3. JUNII ANNO 1769.

WARDOËHUSII,

AUSPICIIS

POTENTISSIMI AC CLEMENTISSIMI
REGIS DANIÆ ET NORVEGIÆ,

CHRISTIANI VII.

FACTA,

ET

SOCIETATI REGIÆ SCIENTIARUM HAFNIENSI PRÆLECTA

à

R. P. *MAXIMILIANO HELL*, e S. J.

ASTRONOMO CÆSAREO-REGIO UNIVERSITATIS VINDOBONENSIS,
SOCIETATIS REGIÆ SCIENTIARUM HAFNIENSIS. ET NIDROSIENSIS
MEMBRO, ATQUE ACADEMIÆ REGIÆ SCIENTIARUM PARISIENÆ
MEMBRO CORRESPONDENTE.

HAFNIÆ, 1770.

Typis Orphanotrophii Regii, excudit GERHARD GIESE SALICATH.

gáldásra való hajlandóság, az éjszakai virrasztás fáradoalmainak elviselése és a szükségesség keménység.

Az 1776-os évre a kupolát kivéve készen állott a torony. Eszterházy meghívta Hell Miksát Egerbe, aki már 1775 augusztusában azt írta, hogy: „nagyon vágyódom látni a készülő Speculát”. 1776 tavaszán Madarassy levélben közli a püspökkel, hogy 11 ládában útnak indította Pesten keresztül a csillagászati és fizikai eszközöket. A levélhez jegyzéket is csatol, melyben felsorolja mind a Londonból, mind a Bécsből származó műszereket.

Hell 1776-ik évi látogatásáról az általa szerkesztett *Ephemerides Astronomicae* 1777-ik évi kötetében emlékezik meg: „Eszterházy Károly egri püspök a tudományok és főként a csillagászat ügyének előmozdítása céljából felépítette Egerben, Magyarország közepén Urániának fényes otthonát, egy mindenféle csillagászati megfigyelésre alkalmas, látványos, pazar csillagásztoronyot, melyhez hasonlót nem ismerek a kremsmünsterin kívül. Ha pedig azokat a csillagászati műszereket tekintjük, melyeket az általam összeállított megrendelés alapján a jeles angliai csillagásznál, Maskelynenél kívánnak beszerezni, akkor az egri Specula bátran tekinthető egész Európa legelső ilyen intézményének.

Az egri Specula élén Madarassy János, egri paptanár, egy olyan ember áll, aki járatos a matézisben, a csillagászatot az én bécsi cs. kir. csillagvizsgálómban harmadik éve tanulja, akinek működéséhez a csillagászok nagy reményeket fűznek. Uránia ezen új székhelyének berendezésére az egri püspök nekem adott megbízást s miután meghívott Egerbe, Madarassy úr kíséretében, hordozható kvadránssal és ingaórával felszerelve, az egri csillagásztoronyban kijelöltem a délvonalat, minden gyakorlati megfigyelés alapját, megközelítő pontossággal meghatároztam a sarkmagasságát, amennyire ezt az időjárás és a műszerek kis mérete lehetővé tette.

Az utazás adta lehetőséget kihasználva, egyes útbaeső magyarországi helységek földrajzi szélességeit is meghatároztam az úti kvadráns segítségével. 1776. május 17-én értünk Gyöngyösről Egerbe, meghívásunk színhelyére, ahol Eszterházy Károly püspök kitüntető szívéllyességgel és atyai szeretettel fogadott bennünket a püspöki aulában, kijelölt szálláshelyünkön. Mindjárt másnap, május 18-án a püspök vezetésével meglátogattuk a tudományok fényes otthonát, elsősorban pedig a csillagászati obszervatóriumot, mely nemcsak Eger városának, hanem egész Magyarországnak is díszé és ékessége. Megcsodáltuk az épületnek, tantermeknek a püspök által megtervezett alkalmas beosztását, melyben az egyetemi tanulmányok teljes elvégzését kívánja lehetővé tenni, megszemléltük a tanárok pazar hálószobáit, melyek ugyanezen épületben, mégis elkülönített helyen fekszenek, a tágas könyvtárhelyiséget és mindazon épületrészt és berendezést, mely kényelmet, szépséget áraszt magából. Őszinte meghatottsággal gratuláltam hazámnak, Magyarországnak ehhez a tudományos fellegrárhoz.

Még ezen a napon, május 18-án megtettem az előkészületeket a délvonalnak a nyugatra néző tágas észlelő helyiségben való kijelöléséhez. Ugyanis két észlelő

terem helyezkedik el ugyanazon épületszinten, egyik keletre, másik nyugatra néz úgy, hogy mindkét teremben a megfigyelések jól elvégezhetőek legyenek. Miután tehát ezen a napon a Bécsben előre beszerzett kellékeket elhelyeztem, május 19-én megkezdtem megfigyeléseimet, melyeken mindig részt vett és segédkezett útitársam, a jövőző csillagász, Madarassy úr, továbbá Balajthi úr, aki korábban több éven át az egri akadémián nagy szakértelemmel adta elő a matézist, nekem pedig évek óta kedves barátom. Rajtuk kívül segítségemre volt Kotuts Mátyás, egri akadémiai matézistanár és még számosan a matézisben jártas egri tanárok közül. Egy alkalommal egy derült este az egri obszervatórium számára Bécsben szerzett ötlábás Newton-csővel, amit a püspöki palota udvarán elhelyeztem, és az akkor éppen látható Saturnusra irányítottam, a püspök meglátta benne a bolygó csodás gyűrűjét, a látvány annyira elgyönyörködtette, hogy valahányszor este felhőtlen volt az ég, mindannyiszor elmerengett ennek és más égitestnek, általában a csillagos égnek szemlélésében. De gyakran felhős volt az égbolt, s az esős időjárás zavarta az én csillagászati megfigyeléseimet is az új Speculában. Ezért kénytelen voltam megrövidíteni egri tartózkodásomat. Elsorolom tehát hogy ittlétem alatt milyen megfigyeléseket végeztem a delelő Nap magasságáról. Ugyanis új módszeremmel a pontos sarkmagasságot nem kell fix pontok útján kutatnom, mert ezt a munkát a jövőző csillagással kívántam elvégeztetni a Londonból származó pontosabb műszerekkel. Megfigyeléseimet egy láb sugarú hordozható kvadránssal hajtottam végre, amilyent Mözburg, a bécsi egyetem matézis-tanára is használt.

A május 19-i észlelés:

az egri csillagvizsgálóban a delelő Nap felső peremének magassága:
62° 19' 10"

ezért a sarkmagasság 47° 53' 36".

Május 22., 27., 31. és június 1—2-án is megszemléltem a delelő Nap magasságát, abból számítottam ki a sarkmagasságot, ami egyenlő a földrajzi szélességgel. E méretek középértéke 47° 53' 30". (Latinból fordította: Dr. Soós Imre)

Hell kívánságára a délvonalat carrarai fehér márványból kellett elkészíteni. A márványlapok Olaszországból hosszú úton érkeztek Genovára, az Alpok hátságján, Bécsen át, és dereglyén a Dunán jutottak Budára, majd onnan „szalmával degeszre tömött furmányos szekéren” döcögtek az egri fuvarosok a rakományt rendeltetési helyére. A délvonal három sávból áll. A középső sáv 12 darab carrarai márványlapból van. A másik két sáv csak részben márvány, részben tárkányi kristályos mészkő. A márványlapok már megsárgultak, de így is szépen verik vissza a beeső napsugarakat.

Megjegyezhetjük, hogy a rézlap, amelyre alkalmazott lyukon át a Nap besüt a csillagda nyugati termébe, az 1778-as évszámot viseli.

Attól fogva Egerben így jelezték a valódi delet: a csillagász felkiáltott a nyolcadik emeleti teraszra, ahol egy ügyeletes diák örködött, és a jeladásra meghúzta a torony délnyugati sarkán csüngő kis harangot. Hangja hallatára az

egri templomok harangjait megkondíttatták. Így történt ez 1890-ig. Baross Gábor miniszter akkor elrendelte (a vonatkozlekedés megindulása miatt), az órák ne a helyi időt mutassák, hanem alkalmazkodjanak a zónaidőhöz. Azóta Egerben sem a valódi dél idején harangoznak.

Madarassy egri megfigyelései főleg a Jupiter holdjaira, azok fogyatkozásaira összpontosultak. Ezeket az észleléseket Heil közli is az *Ephemerides Astronomicae* kötetében, az 1778—79-iki évfolyamokban. Tehát Madarassy 1776-tól kezdve észlelt, bár közben még sokáig folytak az épület befejező munkálatai. Így később készült el a freskók zöme, valamint a művészi faragású könyvtárszekrények is.

Az eredeti Gerl-féle kupola szabályos félgömb formájú volt, ennek egyik fele a másik alá volt forgatható. Ez a megoldás nem maradhatott, mert egy erősebb szélroham a külső köpenyrészt letéphette volna. Hell 1778-ban a kupola tökéletesített formáját dolgozta ki. Az újabb tervezés harang alakú formát írt elő, nyitható réssel; e Hell féle modellt 1779-ben készítette el Fazola Lénárt.

II. József 1784. november 17-én Egerbe érkezett. Nem a püspöknél szállt meg, hanem az új Aranyas szállóban kért szobát. Az egri szájhagyomány megőrizte a következő történetet, miután megtekintették a csodálatos új barokk épületet, a császár és a püspök kísértáltak a Líceumból. Egy pillanatra megálltak és viselkedésüket megkérdőzték. Ekkor a püspök megkockáztatta a kérdést: „Ugye felség, ez az épület jó lenne egyetemnek?” Mire a császár: „Jó lesz kaszárnának!” Ismét a püspök: „Ne felejtse el felség, hogy ezt az épületet nem Eszterházy, a püspök, hanem Eszterházy, a gróf építtette.”

Pár hét múlva futár hozta a rendelkezést, mely szerint az egyetemi rangot II. József császár nem adta meg.

Kazinczy Ferenc 1789-ben meglátogatta Eszterházyt, így írt tapasztalatairól: „Az az épület, melyet most Líceumnak hívnak, oly jó ízléssel, s oly nagy költséggel tett épület, melyhez hasonlót nem láttál. . . Hátul áll a Specula, temérdek költséggel szereztetett mindez. A mathézisi eszközök inkábbra Londonból hoztattak, mutatják, mit lehetett volna ezen minden hazai példákat felülmúló igyekezettől reményleni, ha a püspök szándéka nem hátráltatott volna.”

Az idő múlásával csillagász-utánpótlás nehezen akadt. Hell bécsi utóda *Triesnecker* is így nyilatkozott: „Csodálatos, hogy a mai időkben akad még ember, aki az asztronómusok sovány kenyere pályájára lép. Bár itteni diákok sem vetik magukat túlzottan a csillagászat tanulmányozására.”

Egerben mégis akadt egy matematikus, *Tittel Pál*, aki vállalta a teendőket, és külföldi tanulmányútja után (Gaussnál is tanult egy ideig) megkezdte működését. A műszereket elavultnak találta, de felújításukra még ígéretet sem kapott. 1824-ben távozott Egerből s a Gellért-hegyi Csillagvizsgáló igazgatói állását foglalta el. Ismét csönd lett a tízemeletes toronyban. Tittelrel Budára távozott egy lelkes fiatalember, *Montedegói Albert Ferenc* is, és Budán kiváló észlelő csillagász vált belőle. De a Gellérthegyi csillagda pusztulása után (1849) Egerbe vezetett vissza az útja. Ő is a felújítást kezdeményezte, de hiába.

1879-ben *Konkoly Miklós* is meglátogatta az egri Speculát. A műszerekről az volt a véleménye, hogy „Ma már csupán tudománytörténeti jelentőségűek.” Sokáig árván porosodtak a műszerek. 1949-ben Debrecenből Egerbe, a Líceum épületébe helyezték át a Pedagógiai Főiskolát. A Specula szinte üres volt. Csak a nagy fali kvadráns őrizte a nyugati termet. A műszereket a Líceum államosítását követően az előbb említett kivételével, Budapestre szállították az Uránia Csillagvizsgálóba.

Az Országos Műszaki Múzeum igazgatósága, a TIT Uránia Csillagvizsgáló igazgatósága és az egri Tanárképző Főiskola igazgatója arra a közös elhatározásra jutottak, hogy e ritka, tudománytörténeti emlékek — felújítva — az eredeti helyükön jelentenek igaz értéket. Így dekoratív tablók és oktató képek környezetében két VI. emeleti teremben a műszerek régi helyükre kerültek vissza. 1966. áprilisában nyílt meg a csillagászati múzeum, amely azóta is a Főiskola fennhatósága alá tartozik. A látogatók a IX. emeleten lévő sötétkamrában a tőn elhelyezett periszkóp által levetített színes városképben is örömeiket lelhetik. Ez a tükörből és lencséből álló berendezés is Hell Miksa ötletéből született, 1776-ban, egri tartózkodási idején tervezte meg.

Európában csaknem egyedülálló az olyan múzeum, amelyben XVIII. századi műszerek az eredeti obszervatórium-épületében láthatók.

A HOLD-ILLÚZIO

Mindannyian megfigyeltük már, hogy a telihold a horizont közelében sokkal nagyobbak látszik, mint a zenit környékén. Fényképekről megállapítható, azonban, hogy a kép valódi mérete mindkét esetben azonos (64. ábra), és ugyanígy egyforma nagyságú a szemünkben keletkezett két kép is. A méretváltozás tehát nem *optikai*, hanem *pszichológiai* vagy *fiziológiai* effektus, illúzió. Ugyanez a nagyságváltozás a Napnál és a csillagképeknél is tapasztalható.

A Hold-illúzió már az ókor óta ismert, és elsőként valószínűleg *Ptolemaiosz* próbálkozott a magyarázatával. Szerinte a horizont közelében azért látjuk nagyobbak a Holdat, mert távolabbinak tűnik. Ugyanis ha két különböző távolságú tárgy képe a retinán azonos, akkor a távolabbinak a valóságban nagyobbak kell lennie. A pszichológiában jól ismert jelenség, hogy ha egy észlelő két azonos méretű képet lát, és az egyik távolabbinak tűnik, mint a másik, azt akkor nagyobbak is véli (65. ábra). Hasonlóképpen, ha a Hold távolabbinak látszik a horizonton, akkor nagyobbak is gondoljuk (66. ábra).

E. G. *Boring* és munkatársai a hatvanas évek elején megpróbálták igazolni ezt az elméletet. Sok kísérleti személyt kérdeztek meg, hogy a horizonton vagy a zenitben látják-e közelebbinek a Holdat. Legtöbbjük éppen az elmélet által megkívántnak az ellenkezőjét mondta, azaz a zenitben vélték távolabbinak.

Ezután másféle magyarázatot kerestek. Feltételezték, hogy a szem helyzete felelős az illúzióért. A horizontot a szemünkkel egy vonalban — szemmagasságban — látjuk, míg a zenithez felfelé kell nézni, és a szemnek ezen felemelése miatt tűnik kisebbnek zenitben a Hold. Kísérletek sorozatát végezték el¹⁾ ennek igazolására; a legegyszerűbb a következő: nézzük a horizonton levő Holdat lehajolva, fejjel lefelé, a lábaink között, és így nem fogjuk nagyobbak látni. Mért is megpróbálták az illúziót, mégpedig úgy, hogy kísérleti személyekkel összehasonlíttatták a Holdat egy közeli ernyőre vetített fénykorong-sorozattal. A *szemmagasságban* levő horizont-Holdat vizsgálva a legtöbb észlelő másfélszer akkora korongot választott, mint amikor szemüket 30° -nyira felemelték. Ezután hátrahajtották a fejüket, és a magasabban levő Holdat is a szemükkel egyvonalban figyelték: ekkor az illúzió eltűnt. Ha pedig hanyattfekve a zenit-

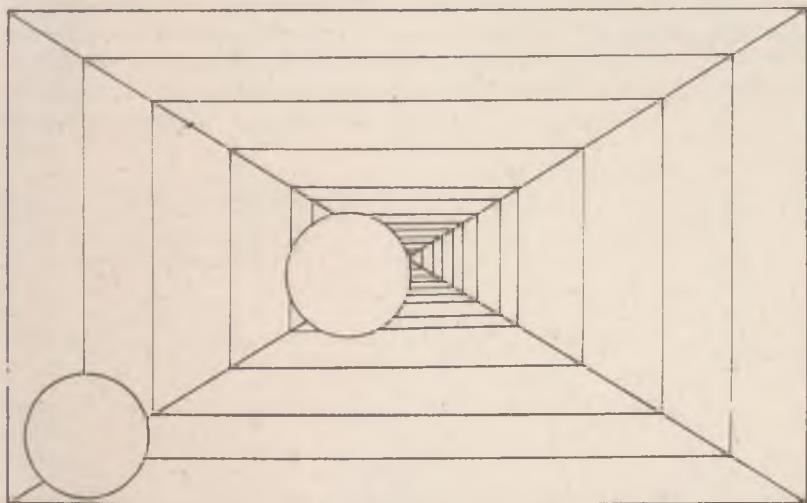


64. ábra

Holdat látták egyenesen és a horizont-Holdat hátrahajtott fejjel, az illúzió megfordult.

L. Kaufman és *I. Rock* azonban kételkedtek ezekben a kísérletekben és eredményeikben, főleg azért, mert nem tartották kielégítőnek az alkalmazott módszert. Úgy gondolták, nem lehet összehasonlítani a közeli ernyőre vetített képet a kísérlet szempontjából végtelen távolinak tekinthető Holddal. Ezért egy olyan eljárást javasoltak és dolgoztak ki részletesen, amelynek során egy „mesterséges Hold” hasonlítható össze az igazival az égen, vagy két „mesterséges Hold” egymással. Készülékükben egy lámpából kilépő sugárnyaláb halad át

egy kör alakú nyíláson, majd egy kollimátor-lencsén. Az innen kilépő párhuzamos fénysugarak egy félig-áteresztő tükörrre esnek; a tükörrre néző észlelő egy fényes korongot, „mesterséges Holdat” lát az égen (a párhuzamosított fénysugarak miatt gyakorlatilag végtelen távolságban!). Két ilyen eszközzel — az egyiket a horizont, a másikat a zenit felé irányítva — az illúzió mértéke is vizsgálható: az egyik műszer apertúráját addig kell változtatni, míg a két képet egyformának látjuk. Az apertúrák aránya jellemző az illúzió mértékére (67. ábra).

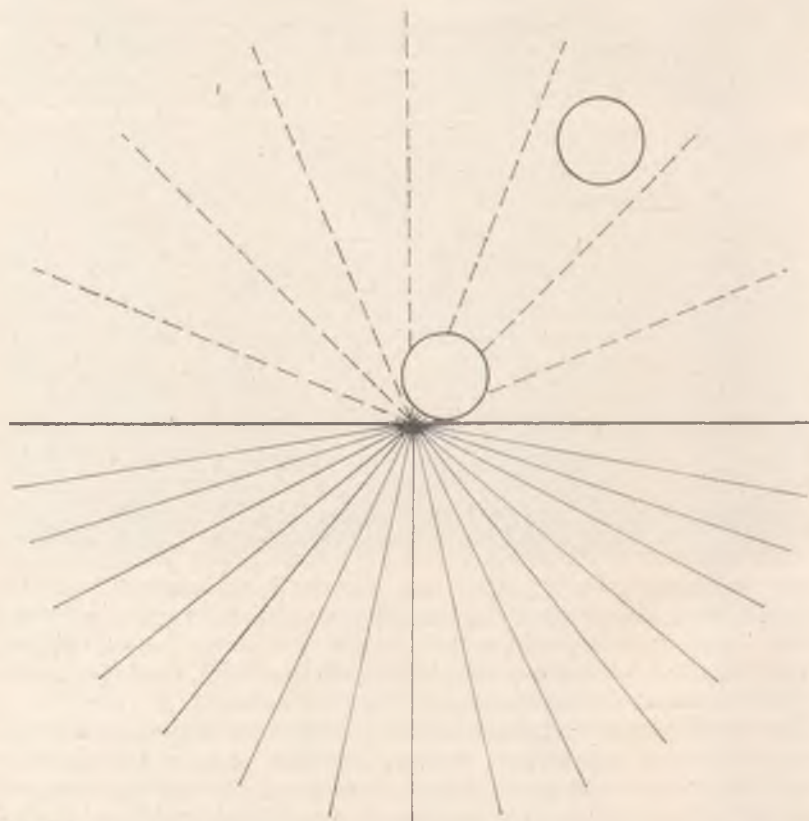


65. ábra

Ezzel a módszerrel a fenti kutatók arra a következtetésre jutottak, hogy az illúzió majdnem teljesen független a szem helyzetétől, Megismételték ugyanis a fenti kísérletet, de a vetített fénykorongsorozat helyett a saját, mesterséges Holdat előállító műszerüket használták. Az apertúrák aránya 1,04-nek adódott, tehát a szem helyzete valóban alig befolyásolja az illúziót. Szerintük Boring eredményei csak az általa alkalmazott eljárásból adódtak.

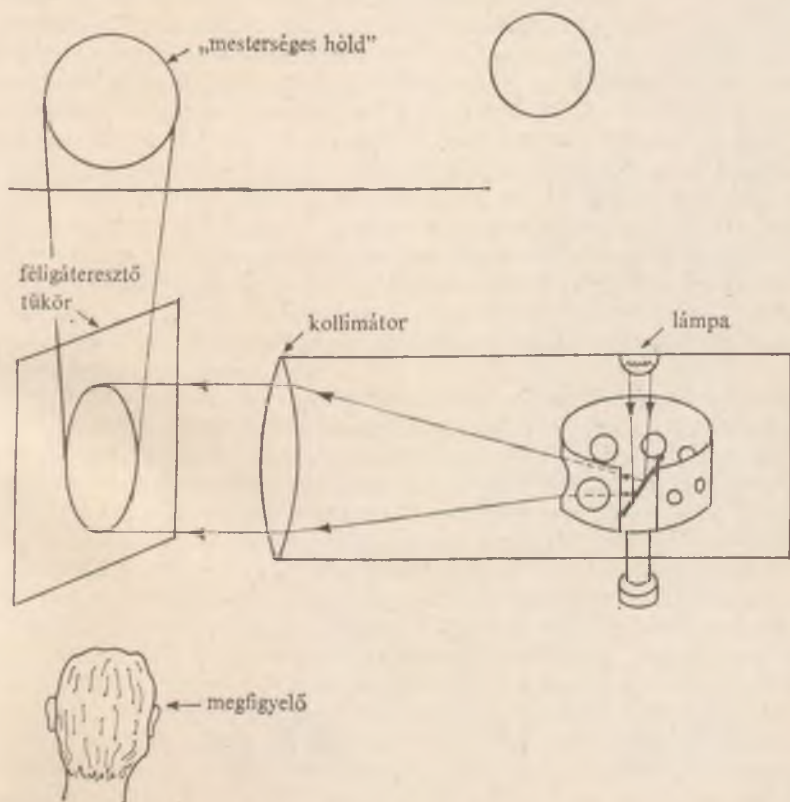
Ezután ismét az első elmélethez fordultak. Mint emlékeztetés, azt azért vették el, mert a megkérdezett emberek legtöbbje szerint a horizont-Hold közelebbinek látszik mint a zenit-Hold. De valóban így látták-e? Vagy pontosan azért ítélték közelebbinek, mert nagyobboknak tűnik? Ellenőrzésképpen mesterséges Hold-párokat mutattak a kísérleti személyeknek, akik az elhelyezkedéstől függetlenül mindig a nagyobbat tartották közelebbinek.

Következő lépésként a Hold nélküli égbolton végeztettek távolságbecslést. A megfigyelők 90%-a szerint az égbolt nem gömbszerű, hanem lapultnak látszik, és a zenit közelebbinek tűnik, mint a horizont. Ezt támasztotta alá az a kísérlet is, amelyben a horizont-zenit ív felezőpontjának kijelölése volt a feladat. A legtöbb ember a horizonttól mérve 45° -nál jóval kisebb szöget jelöl meg. Ha a Holdat egy ilyen felületen mozgónak érzékeljük, természetesen változtatnia kell a látszólagos méretét (68. ábra). Mivel az illúzió a csillagképre is érvényes, ezen zavaró hatás elkerülésére felhős időben megismételték az előző eljárást. Kiderült, hogy ilyenkor a lapultság érzete fokozódik, és az illúzió is erősebb. Mindez alátámasztja azt a legelső elméletet, amely szerint ez a jelenség a távolságbecslésen alapszik.

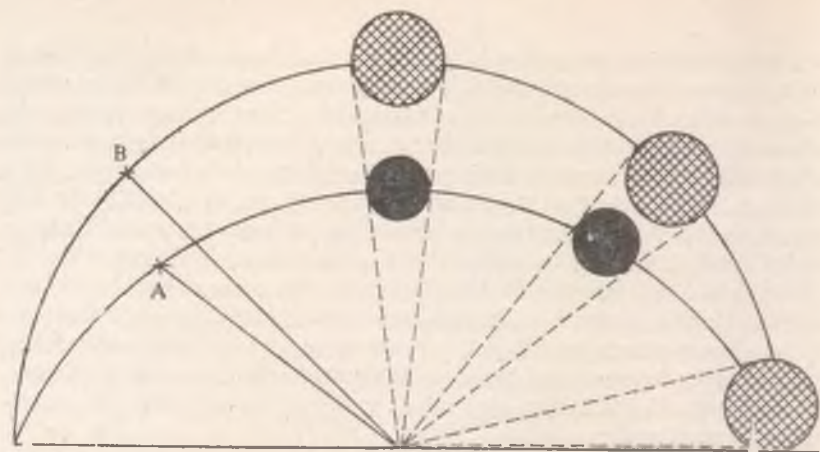


66. ábra

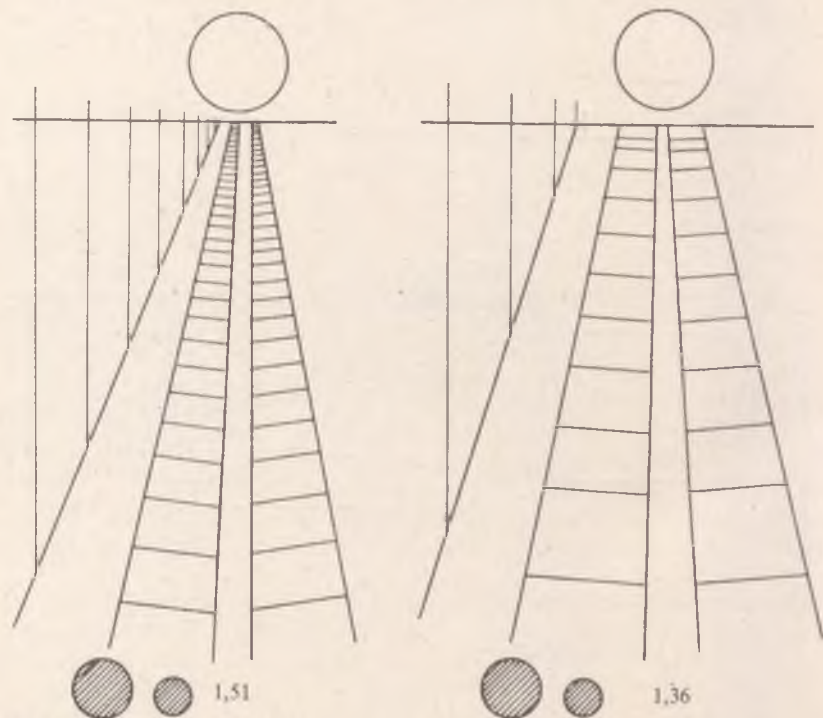
Még sok kísérletet végeztek a környezet szerepének vizsgálatára. Ezek közül egyik legfontosabb az volt, amikor a fent leírt eszköz segítségével mesterséges Holdat vetítettek a horizont és a zenit irányába is, de a horizont-Hold körül kítakarták a környezetet: ebben az esetben nem tapasztaltak eltérést a méretekben. Ezután mindkét eszközt a horizontra irányították, és így megismételték a kísérletet. Az a mesterséges Hold tűnt nagyobbnak, amelyik a tájjal együtt volt látható, az illúzió ismét jelentkezett. Az apertúrák aránya itt 1,34 volt, közelebb az eredeti illúzió-kísérlethez (1,46), amikor az egyik eszközt a zenit, a másikat a Hold felé irányították. Ha a horizont-Hold csak azért látszik nagyobbnak, mert a környezettel együtt vizsgáljuk, meg lehet fordítani az illúziót egy tükör vagy egy prizma segítségével. Természetesen ezt a kísérletet is elvégezték, és a két képet fölcserélve az illúzió valóban megfordult: a horizont irányában levő magányos Hold kisebbnek tűnt, mint a zenit irányában vetített, környezetével együtt megfigyelt; az arány 1,34 volt.



67. ábra



68. dbra



69. dbra

Számos egyéb kísérlet után végül arra a következtetésre jutottak, hogy a Hold-illúzió a környezet jelenlététől függ, mégpedig a látszólagos távolság szerint. Nem szabad azonban összetévesztenünk ezt az elméletet egy ehhez meg-
tévesztésig hasonló másik magyarázattal, amely szerint a horizont-Holdat a képe-
hez közeli tereptárgyakkal hasonlítjuk össze. Tapasztalatainkból tudjuk,
hogy a horizonton a tárgyak látszólag elenyészően kicsinnyé válnak, ezért egy
holdméretű képet adó tárgyat óriásinak hiszünk. Ez a magyarázat azonban
nem egészen helytálló, mert az illúzió tenger vagy sivatag fölött is megjelenik,
ahol nincs semmiféle összehasonlító környezeti tárgy. Hangsúlyozza viszont
az elmélet a távolságimpresszió jelentőségét. Ha a horizont távolabbinak tűnik
(69. ábra), az illúzió mértéke is nagyobb.

Sokakban felmerült a kérdés: vajon a Hold színe és látszó fényessége hatással
van-e a nagyságváltozásra? Számos — az előzőekhez hasonló — kísérlet után
bebizonyosodott, hogy a horizont-Hold vörösese színe és az alkonyi éghez ké-
pest halványabb volta nem befolyásolja a látszólagos méretét.

Az eddigiekből is kitűnik, hogy a Hold-illúzió megértése megkívánja a teljes
érzékelési folyamat megértését, ehhez viszont a pszichológia és a fiziológia tu-
dományának integrációja szükséges. Amint láttuk, az elméletek is ezen két
megközelítési módot — a pszichológiai (L. Kaufman, R. L. Gregory) és a
fiziológiai (E. G. Boring) — tükrözik. A fiziológiai beállítottságú magyará-
zatra jó példa Boringnak az az említett kísérlete, amely szerint fejfelé, a
lábaink között nézve a horizont-Holdat, az kisebbnek látszik, mégpedig a
szem- és nyakizmok, valamint a fülben található egyensúlyrendszer helyzete
miatt. Gregory — aki a pszichológiai tárgyalásmódot részesíti előnyben —
ügyesen használja fel Boring kísérletét saját elméletének alátámasztására. Sze-
rinte amikor fejfelé nézzük a Holdat, csak azért nem látjuk nagyobbnak,
mert a megszokott környezet szintén „fejreáll”, és az inverzió csökkenti a tá-
volság-hatást, és így az illúziót is.

A normális érzékelés mind a fiziológiai, mind a pszichológiai tényezőktől
függ. A természet annyi automatikus funkciót épített be ezen folyamatokba,
amennyit csak tudott, hogy ezáltal csodálatosan rugalmas, alkalmazkodó ér-
zékszervekről gondoskodjon. De éppen ezért vizuális rendszerünk egy „fekete
doboz”-hoz hasonlítható, amely nagyon kevés jelzést ad bonyolult belső folya-
matairól. A dobozon belüli rendszer megfejtése rendkívül nehéz és fáradságos
feladat. Ennek érzékeltetésére nézzünk az eddigieken kívül még néhány példát!

Szemünknek nagy fényességtartományban kell megbízhatónak lennie, de
működése még ennél az elemi funkcionál is összetett: az első lépcső a pupilla,
amely összehúzódik illetve kitágul a fényességtől függően. Ezután vizuális
„vevőkészülékek”, receptorok következnek. Az egyik típus nagy érzékenysé-
gű és kis felbontású (pálcikák), a másik kis érzékenysé-
gű és nagy felbontású (csapocskák); végül kémiai festékanyag jön, ami kifehéredik és kevésbé aktívvá
válk erős fény esetén, majd idegtevékenység zárja a sort. Mindezen folyamatok
tudatos erőfeszítés és az észlelőhöz való visszacsatolás nélkül mennek végbe.

Azonban ezért a nagyfokú alkalmazkodó képességért fizetnünk is kell. Azonos felületi fényességeket 1%-nál nagyobb pontossággal meg tudunk állapítani, de az abszolút fényiskálához való igazodáshoz műszerekre van szükségünk.

Vegyünk egy másik példát is, ahol a szem működése befolyásolja az érzékelést! Az emberi szem egy szaggatott rögzítéssorozatban tapogatja le a látványt és eközben a kép mozog a retinán. Hogy mégsem látunk mozgó képet, az csak annak a következménye lehet, hogy kölcsönös kapcsolat van a receptor megfelelő elemei és a szemmozgás ellenőrző-központja között. Ha ezt a kapcsolatot valamilyen módon „rászedjük”, furcsa dolgokat tapasztalhatunk. Pl. takarjuk el a bal szemünket és a jobb szemgolyónkat gyöngéden nyomjuk meg oldalról: úgy látjuk, hogy a világ ide-oda mozog. Belső kontroll-jel nélkül nem tudjuk környezetünket egy helyben állónak látni, mint a normális szemmozgások esetén.

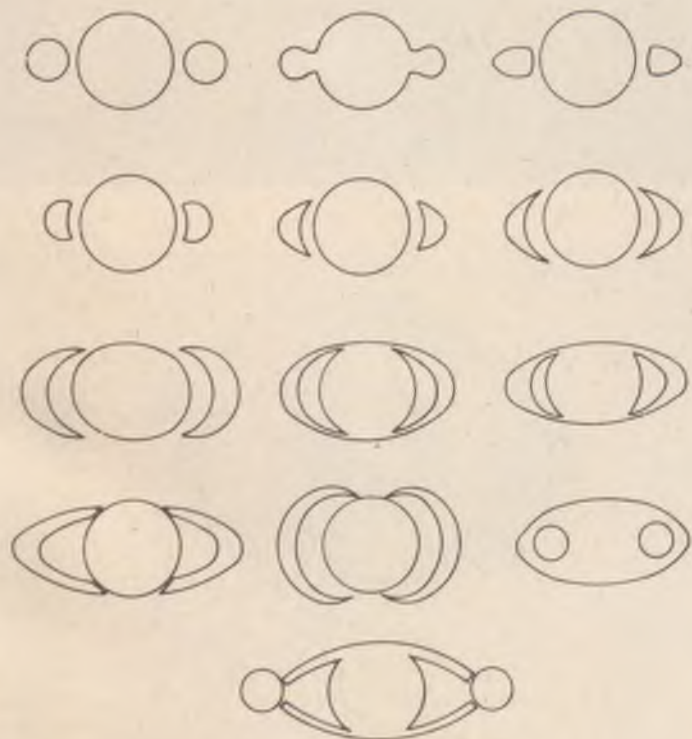
A fiziológiai és pszichológiai folyamatok közötti átmenet nem éles, mivel mindkét fajta tevékenység folyamatosan jelen van. Tekintsük például az előbb említett egyszerű pupilla-reakciót! A fény intenzitásának változásán kívül a pupilla reagál a belső állapotokra (lélegezzünk mélyen, közben nézzük a szemünket egy tükörben), az érzelmekre (például érdeklődés vagy félelem) és külső nem vizuális ingerekre (például erős hang).

Vizsgáljunk meg egy példát arra is, hogyan szűrjük ki magának a szemnek néhány belső tulajdonságát! Nézzünk mereven egy pontot egy egyenletesen, mérsekeltén megvilágított felületen, pl. a mennyezeten. Néhány percen belül kicsiny mozgó szemcséket látunk — ezek valójában a csarnokvízben lebegő buborékok —, és mozdulatlan szálakat — ezek idegszálak vagy hajszálerek. Később sötét pöttyöket és fényfelvillanásokat fogunk észlelni. Ezek egy része a retina-sejtek spontán gerjesztése, a többi a receptor hajszálereiben levő vörös-versejtek mozgásának következménye. Ezek az effektusok mindig jelen vannak, de rendszerint nem vesszük észre őket, mivel külső ingerekre figyelünk és közben kiszűrjük az „idegen zajokat”.

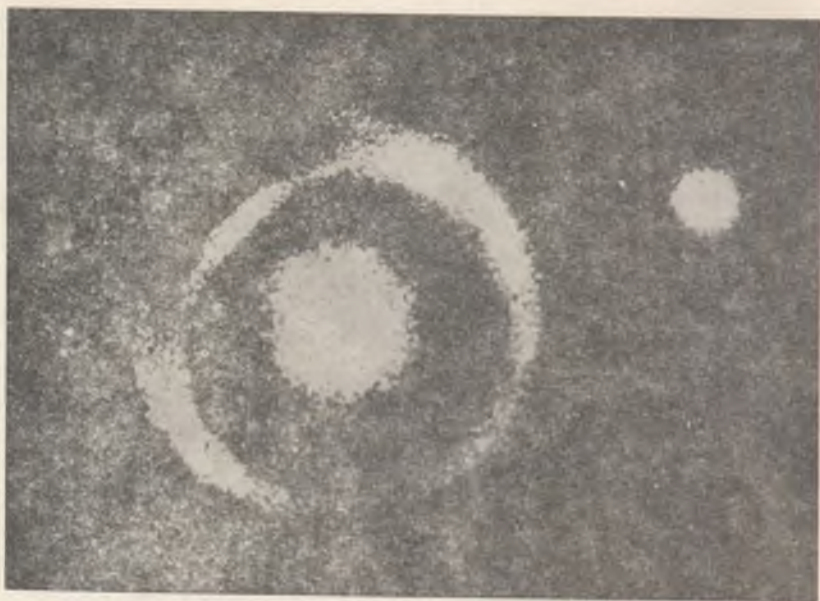
Az érzékelés nem pusztán egy kép továbbítása a receptorokon és az idegeken át az agynak. Hogy valójában mit látunk, az nem csupán a szemünkbe jutó látványtól függ, hanem például a szemizmok működésétől és attól is, mit várunk a megfigyeléstől. De mi történik akkor, amikor egy eddig még soha nem látott, teljesen ismeretlen objektumot figyelünk meg? Jó példa erre a Szaturnuszról készült néhány rajz. Már Galileinek is sok fejtörést okozott a bolygó furcsa alakja, hiszen nem tudott a gyűrűk létéről, és kezdetleges távcsövével végzett megfigyeléseire csak nagyon nehezen tudott megfelelő magyarázatot találni. Huygens sem ismerte fel a gyűrűt és távcsöves megfigyelései alapján a 68. ábrán látható rajzokat készítette. Nyilvánvaló, hogy aki már előre „tudja a megoldást”, soha nem rajzolt volna ilyen képeket. Huygens végül is megállapította, hogy a bolygót „vékony, lapos gyűrű veszi körül, amely sehol sem érintkezik a bolygó testével.” (70. ábra)

Előzetes elképzeléseink, ismereteink is jelentősen befolyásolhatják észlelésünket. Például Herschel a 71. a ábrán látható módon rajzolta le az M51-et. (A XIX. sz. közepén az akkori elképzelések szerint nagyon valószínűtlen volt spirális alakú köd léte.) Ross, aki már előre ismerte a köd alakját, helyesen tudta értelmezni a látottakat (71. b ábra). Mindezekből megállapítható tehát, hogy az egyértelmű adatoknak óriási jelentősége van a látás számára, hogy tudományos hipotéziseinket megfelelő módon felülvizsgálhassuk, különösen akkor, ha a látvány ellentmond előzetes elképzeléseinknek (mint az Herschelnél is történt).

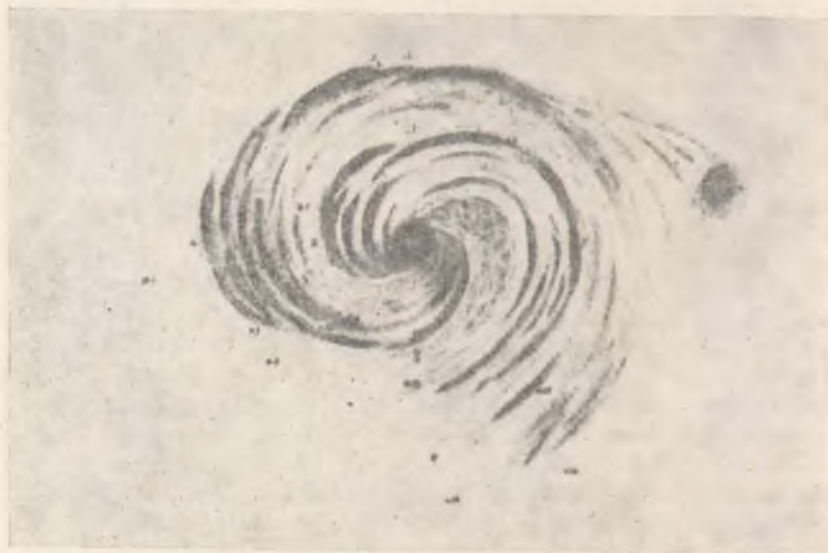
Az illúziók tanulmányozásának legfőbb jelentősége éppen abban rejlik, hogy sok információt nyerünk az érzékelés komplex folyamatáról, pszichológiai és fiziológiai összetevőiről, ezek kapcsolatáról. Ezek az ismeretek viszont elősegítik az észlelési eredményeink pontosabb és megbízhatóbb kiértékelését.



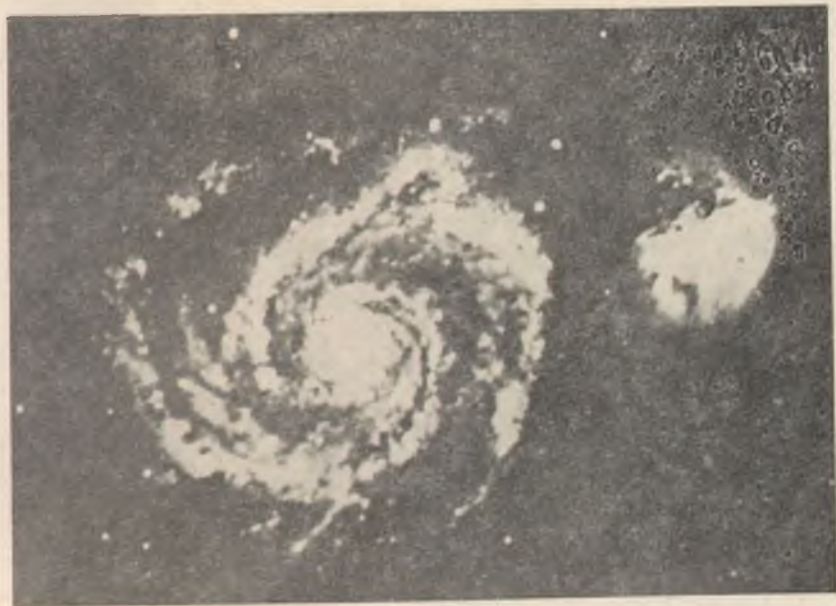
70. ábra



71. a ábra



71. b ábra



71. c ábra

FÖLDES ISTVÁN
(1908—1977)

1977. május 26-án délután váratlanul elhunyt Földes István, az ELTE Csillagászati Tanszékének docense.

Földes István, vagy ahogy általánosan neveztük, Földes professzor úr, sajtóságos alakja volt a magyar csillagászati közéletnek. Kivételes intelligenciája, fantasztikusan széles körű műveltsége és már-már szélsőséges szerénysége mindenkiben életreszóló nyomot hagyott, aki valaha is tanítványa volt, vagy munkatársa lehetett.

1908-ban született értelmiségi családban. Érdeklődése már iskolás korában megoszlott a matematika, a csillagászat és a muzsika között. Miközben az Egyetemen matematikát és csillagászatot tanult, nem hagyta abba a zongoraleckéket sem. Az Egyetemet 1932-ben fejezte be és a diploma megszerzése után sokáig habozott, hogy zongoraművész, vagy csillagász legyen-e. Végül is a pódiumon érzett erős lámpaláz miatt döntött a csillagászat mellett, és 1934-ben a Csillagvizsgáló Intézetben gyakornokként helyezkedett el, de a zenével való kapcsolata továbbra is megmaradt. Sajnos a hangversenyeket nem mindig borult időben rendezték, s így a csillagászat és a zene csak nagyon nehezen volt összeegyeztethető. Talán ez is közrejátszott abban, hogy 1935-ben kivált a Csillagvizsgáló Intézet kötelékéből. 1936-ban és 37-ben a Közoktatási Tanácsnál előadó, majd az 1937/38-as tanévben a Mátyásföldi Gimnáziumban tanít. A középiskolai oktatás azonban oly messze állt egyéniségétől, hogy egy év tanítás után 1939-ben a Magyar Nemzeti Banknál helyezkedik el tisztviselőként. Legfőbb feladata az iratok lepecsételése. A monoton, szelleminek semmiképpen sem nevezhető munka mellett bőven van ideje a már akkor is széles körű műveltségének kiszélesítésére. Mivel a Bankban nyelvpótlékot is fizetnek, elkezd idegen nyelveket tanulni. Ekkor derül ki, hogy páratlan nyelvtelenség — egy nyelvet fél év alatt el tud sajátítani. Élete végéig a következő nyelveket sajátította el: német, angol, francia, orosz, olasz, spanyol, portugál, holland, norvég és kínai. Bankban végzett munkája után rendszeresen gyakorol, majd estéit hangversenyen, vagy a Csillagvizsgálóban tölti.

1944-ben katonának hívják be, de a front közeledtével „önként távozik” a hadsereg kötelékéből és a Rózsadombon barátaival együtt az egyik házra

kiteszik a „Semleges Nemzetek Szövetsége” táblát. E tábla védelme alatt nemcsak ő, hanem sok, a fasizmus által üldözött ember menekül meg a biztos haláltól.

Közvetlenül a felszabadulás után főképpen matematikával foglalkozik és Turán professzor irányításával készíti el számelméleti témából doktori disszertációját. 1949-ben nevezik ki az ELTE Csillagászati Tanszékére tanszékvezető docensnek. 1951-ben a matematikai tudományok kandidátusa lesz. A Csillagászati Tanszéken elsősorban kedvenc tantárgyát, az égi mechanikát adja elő, de „repertoárjában” szerepel az asztrofizika, a számelmélet, a differenciálegyenletek elmélete és az analízis is. E sorok írója igencsak kellemetlen helyzetben volt, amikor 1960-ban Földes professzor a kínai számelméleti iskola eredményeiről norvégül tartott előadásokat Oslóban, és neki kellett az analízis előadásokon is helyettesítenie.

Földes Istvánnak nagy szerepe volt a mai magyar csillagász generáció felnevelésében. Minden magyar csillagász valamilyen formában az ő tanítványa volt. De nemcsak csillagászatot tanulhattunk tőle. Széles körű műveltsége a zene, a művészettörténet, a nyelvek, az irodalom és a matematika területén példa nélkül áll századunk második felében. Nem túlzás azt mondani, hogy személyében az utolsó polihisztort veszítettük el.

Csak ilyen nagy tudású ember engedhette meg magának azt a legendás szerénységet, ami jellemezte. Nem volt olyan hallgató, aki meg tudta volna előzni őt a köszönetben.

Földes professzor életútjának ismertetése nem volna teljes, ha nem említénénk a természet és elsősorban az állatok szeretetét. Kedvenc állataitól élete legválságosabb pillanataiban sem vált meg és az Állatvédő Egyesületnek is egyik alapító tagja volt.

A hirtelen jött betegség élete teljében ragadta el tőlünk. Kivételes személyiségének hatása azonban mindnyájunkban tovább él, akik abban a szerencsében részesülhettünk, hogy közelről ismertük.

Marik Miklós

TARTALOM

Táblázatok

A Nap és a Hold kelte és fontosabb adatai	4
A Nap forgási tengelyének helyzete és a napkorong középpontjának héliografikus koordinátái 0 ^h világidőkor	28
A Holdkorong sugara 0 ^h világidőkor	29
A szabad szemmel látható bolygók adatai	30
Az Uránusz és Neptunusz adatai	37
Bolygók heliocentrikus ekliptikai koordinátái	38
A Jupiter-holdak helyzetei és jelenségei	40
A Mars és Jupiter centrálmeridiánjának planetografikus hosszúsága és adatok a Szaturnusz gyűrűjére vonatkozólag	48
Bolygókorongok megvilágításának adatai	50
A Naprendszer holdjai	51
A Magyarországról látható fényesebb csillagok	52
Precesszió táblázat	60
Kiegészítő tudnivalók a táblázatokhoz	62
A csillagos ég 1978-ban	63

Beszámolók

Szeidl Béla: A Magyar Tudományos Akadémia Csillagvizsgáló Intézeté- nek működése	76
Balázs Béla: Az ELTE Csillagászati Tanszékének működése	85
Ponori Thewrewk Aurél: A TIT Uránia Bemutató Csillagvizsgálói és Pla- netárium a 1976. évben.....	91
Kanyó Sándor: A TIT Csillagászati és Űrkutatási Szakosztályának 1976. évi működése	98

Cikkek

Barcza Szabolcs: A csillagászat legújabb eredményei	109
Kun Mária: A nyílthalmazok és csillagasszociációk szerepe a Tejútrendszer megismerésében	117
Patkós László: Különleges csillagok: a Wolf-Rayet csillagok	137
A belső bolygók világa (Almár Iván)	149
Illés Erzsébet: A Föld-típusú bolygók légköre	150
Ádám József: A belső bolygók alakjára és nehézségi erőterére vonatkozó úrkutatási eredmények	173
Gombosi Tamás: A napszél és a Föld-típusú bolygók kölcsönhatása .	205
J. M. Wilcox: A Nap és a földi időjárás	220
J. A. Eddy: A Maunder minimum	230
Berecz György: Az anyag és az anyagformák	250
Zétényi Endre: Kétszáz éve alapították az egeri csillagvizsgálót	259
Vizi Zsuzsanna: A Hold-illúzió	267
Földes István (Marik Miklós)	278

Kiadja a Gondolat, a TIT kiadója
Felelős kiadó a Gondolat Kiadó igazgatója

Felelős szerkesztő: Barlai Katalin

Műszaki vezető: Kálmán Emil

Műszaki szerkesztő: Radó Péter

A borítót Széchényi Nagy Gábor fotóinak felhasználásával

Radó Péter készítette

Megjelent 10 000 példányban

17,75 (A/5) ív + 8 old. színes melléklet terjedelemben

Ez a könyv az MSZ 5601—59 és 5602—55 szabványok szerint készült

77-3088 Pécsi Szikra Nyomda. F. v.: Szendrői György mb. igazgató





III. kép. A Vénusz felhői erős szuperrotációra utaló képet mutatnak.

- ← I. kép. Porvihar a Marson. A Viking-2 Orbiter felvétele.
- ← II. kép. A déli pólus hóval fedett környéke a Marson. A vörös elszíneződést a levegőben levő por okozza. Fehérnek csak a sűrűbb rétegek fölé emelkedő hegycsúcsok látszanak.



IV. kép. Hajnali pára a Noctis Labirinthus felett a Marson.





V. kép. A Föld felhői
enyhe szuperrotációra
utaló képet mutatnak.



VI. kép. Az egri csillagászati múzeum Newton rendszerű távcsöve. Angol gyártmány, XVIII. szd.



VII. kép.
A „Linea Meridionalis”
— a délvonal —
egy részlete.



VIII. kép.
Sisson gyártmányú
XVIII. szd.-i távcső
Londonból az egri
csillagászati múzeumban.



IX. kép. Freskórészlet az egeri Liceum dísztermében. Ma a Tanárképző Főiskola tanterme.

