302268

CSILLAGÁSZATI ÉVKÖNYV

AZ 1953. ÉVRE

Tartalomjegyzékből:

Voroncov-Veljaminov: Szupernóvák.—Zerinváry Szilárd: A szovjet csillagászat néhány újabb eredménye. — Detre László: A Tejútrendszer. — Földes István: Kozmogóniai elméletek. — Róka Gedeon: Tudomány és vallás a világmindenség szerkezetéről. — Dezső Loránt: Adatok egy magyarországi napészlelő-hálózat beindításához.

MŰVELT NÉP KÖNYVKIADÓ

CSILLAGÁSZATI ÉVKÖNYV

AZ 1953. ÉVRE

SZERKESZTETTE

A MAGYAR TERMÉSZETTUDOMÁNYI TÁRSULAT
CSILLAGÁSZATI SZAKOSZTÁLYÁNAK TANÁCSA

MŰVELT NÉP KÖNYVKIADÓ
1953

302268

Felelős kiadó: a Művelt Nép Könyvkiadó igazgatója
Megjelent 1500 példányban

— Ez a könyv MNOSZ 5601—50A és 5602—50A szabványok szerint készült —
Budapesti Szikra Nyomda, V., Honvéd-u. 10. — Felelős vezető: Lengyel Lajos igazgató

CSILLAGÁSZATI ADATOK AZ 1953. ÉVRE

Összeállították: Guman István tudományos kutató, Mersits József tudományos munkaerő a Magyar Tudományos Akadémia Csillagvizsgáló Intézeténél, Edelényi Elemér, Jáger Tamás, a budapesti Uránia Bemutató Csillagvizsgáló munkaközösségének tagjai.

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

Nap: 2-án 7^h-kor földközelben.
Hold: 4-én 23^h-kor földtávolban, látszólagos sugara: 14′47″,0
16-án 14^h-kor földközelben, látszólagos sugara: 16′35″,0

HÓNAP

0h világidőkor

Julián dátum	Csillagidő ($\lambda = 0^{\circ}$-nál)	A NAP			A HOLD	
		rekta-szcenziója	deklináció-ja	látszó-sugara	rekta-szcenziója	deklináció-ja
2434...	h m s	h m	° ′	′ ″	h m	° ′
378,5	6 41 23,59	18 45	−23 03	16 18	7 34	+24 07
379,5	6 45 20,15	18 49	22 58	16 18	8 15	20 51
380,5	6 49 16,71	18 54	22 53	16 18	9 03	16 44
381,5	6 53 13,27	18 58	22 47	16 18	9 48	12 01
382,5	6 57 09,82	19 02	22 40	16 18	10 32	06 54
383,5	7 01 06,38	19 07	22 34	16 18	11 14	+ 1 33
384,5	7 05 02,93	19 11	22 26	16 18	11 56	− 3 52
385,5	7 08 59,48	19 16	22 19	16 18	12 40	9 13
386,5	7 12 56,03	19 20	22 11	16 18	13 25	14 19
387,5	7 16 52,59	19 24	22 02	16 18	14 13	18 58
388,5	7 20 49,15	19 29	21 53	16 18	15 06	22 53
389,5	7 24 45,71	19 33	21 44	16 18	16 03	25 44
390,5	7 28 42,27	19 37	21 34	16 18	17 04	27 09
391,5	7 32 38,84	19 42	21 24	16 18	18 08	26 52
392,5	7 36 35,41	19 46	21 13	16 17	19 13	24 44
393,5	7 40 31,97	19 50	21 02	16 17	20 15	20 52
394,5	7 44 28,53	19 54	20 51	16 17	21 14	15 38
395,5	7 48 25,09	19 59	20 39	16 17	22 10	9 28
396,5	7 52 21,64	20 03	20 27	16 17	23 04	− 2 50
397,5	7 56 18,19	20 07	20 14	16 17	23 56	+ 3 49
398,5	8 00 14,74	20 11	20 01	16 17	0 47	10 08
399,5	8 04 11,29	20 16	19 48	16 17	1 39	15 48
400,5	8 08 07,85	20 20	19 34	16 17	2 32	20 32
401,5	8 12 04,41	20 24	19 20	16 17	3 27	24 08
402,5	8 16 00,97	20 28	19 05	16 17	4 23	26 25
403,5	8 19 57,53	20 32	18 50	16 17	5 20	27 16
404,5	8 23 54,10	20 37	18 35	16 16	6 16	26 43
405,5	8 27 50,66	20 41	18 20	16 16	7 10	24 52
406,5	8 31 47,22	20 45	18 04	16 16	8 01	21 52
407,5	8 35 43,77	20 49	17 48	16 16	8 50	17 59
408,5	8 39 40,33	20 53	−17 31	16 16	9 36	+13 25

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

Hold: 1-én 13^h-kor földtávolban, látszólagos sugara: 14′44″, 4
14-én 11^h-kor földközelben, látszólagos sugara: 16′ 4[illegible]″, 8
28-án 15^h-kor földtávolban, látszólagos sugara: 14′43″, 9

HÓNAP

0h világidőkor						
Julián dátum	Csillagidő ($\lambda = 0°$-nál)	A NAP			A HOLD	
		rektaszcenziója	deklinációja	látszósugara	rektaszcenziója	deklinációja
2434...	h m s	h m	° ′	′ ″	h m	° ′
409,5	8 43 36,88	20 57	−17 15	16 16	10 19	+ 8 22
410,5	8 47 33,43	21 01	16 58	16 16	11 02	+ 3 04
411,5	8 51 29,98	21 05	16 40	16 15	11 44	− 2 21
412,5	8 55 26,53	21 09	16 23	16 15	12 27	7 43
413,5	8 59 23,08	21 13	16 05	16 15	13 11	12 51
414,5	9 03 19,64	21 17	15 46	16 15	13 57	17 34
415,5	9 07 16,19	21 21	15 28	16 15	14 47	21 39
416,5	9 11 12,75	21 25	15 09	16 15	15 41	24 50
417,5	9 15 09,31	21 29	14 50	16 14	16 39	26 48
418,5	9 19 05,87	21 33	14 31	16 14	17 40	27 14
419,5	9 23 02,44	21 37	14 11	16 14	18 43	25 57
420,5	9 26 59,00	21 41	13 52	16 14	19 46	22 53
421,5	9 30 55,56	21 45	13 32	16 14	20 47	18 15
422,5	9 34 52,11	21 49	13 11	16 14	21 45	12 23
423,5	9 38 48,66	21 53	12 51	16 13	22 41	− 5 45
424,5	9 42 45,21	21 57	12 30	16 13	23 35	+ 1 09
425,5	9 46 41,76	22 01	12 10	16 13	0 28	7 53
426,5	9 50 38,31	22 05	11 49	16 13	1 22	14 01
427,5	9 54 34,86	22 09	11 27	16 13	2 16	19 15
428,5	9 58 31,42	22 12	11 06	16 12	3 12	23 17
429,5	10 02 27,90	22 16	10 44	16 12	4 09	25 57
430,5	10 06 24,54	22 20	10 23	16 12	5 06	27 10
431,5	10 10 21,10	22 24	10 01	16 12	6 03	26 57
432,5	10 14 17,66	22 28	9 39	16 11	6 57	25 24
433,5	10 18 14,21	22 31	9 17	16 11	7 49	22 41
434,5	10 22 10,77	22 35	8 54	16 11	8 38	19 02
435,5	10 26 07,32	22 39	8 32	16 11	9 24	14 39
436,5	10 30 03,87	22 43	− 8 09	16 11	10 08	+ 9 44

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

Tavasz kezdete: 21-én 00h 1m-kor.

Hold: 14-én 24h-kor földközelben, látszólagos sugara: 16′42″, 1
27-én 18h-kor földtávolban, látszólagos sugara: 14′44″, 9

HÓNAP

Julián dátum	Csillagidő ($\lambda = 0^{\circ}$-nál)	A NAP			A HOLD	
		rekta-szcenziója	deklináció-ja	látszó-sugara	rekta-szcenziója	deklináció-ja
2434...	h m s	h m	° ′	′ ″	h m	° ′
437,5	10 34 00,42	22 47	−7 47	16 10	10 51	+ 4 29
438,5	10 37 56,97	22 50	7 24	16 10	11 33	− 0 55
439,5	10 41 53,52	22 54	7 01	16 10	12 16	6 18
440,5	10 45 50,07	22 58	6 38	16 10	12 59	11 30
441,5	10 49 46,62	23 01	6 15	16 09	13 45	16 20
442,5	10 53 43,17	23 05	5 52	16 09	14 34	20 33
443,5	10 57 39,72	23 09	5 29	16 09	15 26	23 57
444,5	11 01 36,28	23 13	5 05	16 09	16 21	26 14
445,5	11 05 32,84	23 16	4 42	16 08	17 19	27 10
446,5	11 09 29,40	23 20	4 18	16 08	18 20	26 32
447,5	11 13 25,96	23 24	3 55	16 08	19 21	24 15
448,5	11 17 22,52	23 27	3 31	16 08	20 20	20 23
449,5	11 21 19,07	23 31	3 08	16 07	21 19	15 10
450,5	11 25 15,62	23 35	2 44	16 07	22 15	8 57
451,5	11 29 12,17	23 38	2 20	16 07	23 09	− 2 08
452,5	11 33 08,72	23 42	1 57	16 06	0 04	+ 4 47
453,5	11 37 05,27	23 46	1 33	16 06	0 58	11 21
454,5	11 41 01,82	23 49	1 09	16 06	1 54	17 09
455,5	11 44 58,37	23 53	0 45	16 06	2 52	21 48
456,5	11 48 54,93	23 57	−0 22	16 05	3 50	25 04
457,5	11 52 51,49	0 00	+0 02	16 05	4 49	26 48
458,5	11 56 48,05	0 04	0 26	16 05	5 47	27 00
459,5	12 00 44,60	0 08	0 49	16 05	6 43	25 47
460,5	12 04 41,16	0 11	1 13	16 04	7 36	23 21
461,5	12 08 37,72	0 15	1 37	16 04	8 25	19 56
462,5	12 12 34,27	0 19	2 00	16 04	9 12	15 44
463,5	12 16 30,82	0 22	2 24	16 03	9 57	10 59
464,5	12 20 27,37	0 26	2 47	16 03	10 40	5 50
465,5	12 24 23,92	0 29	3 11	16 03	11 22	+ 0 29
466,5	12 28 20,46	0 33	3 34	16 03	12 05	− 4 54
467,5	12 32 17,01	0 37	+3 57	16 02	12 48	− 10 10

Dátum	A hét napjai	Az év hányadik hete	Az év hányadik napja	Középeurópai zónaidőben Budapesten A NAP kel	A NAP delel	A NAP nyugszik	A HOLD kel	A HOLD nyugszik	A HOLD fényváltozásai
				h m	h m	h m	h m	h m	h m
1	Sz	(14)	91	5 24	11 48	18 13	20 47	5 36	
2	Cs		92	5 22	11 48	18 14	21 57	5 59	
3	P		93	5 20	11 48	18 16	23 07	6 28	
4	Sz		94	5 19	11 47	18 17	— —	7 07	
5	V		95	5 17	11 47	18 18	0 12	7 58	
6	H	15	96	5 14	11 47	18 20	1 07	8 59	
7	K		97	5 12	11 46	18 21	1 52	10 12	☾ 4 58
8	Sz		98	5 10	11 46	18 23	2 27	11 31	
9	Cs		99	5 08	11 46	18 24	2 56	12 54	
10	P		100	5 07	11 46	18 26	3 19	14 17	
11	Sz		101	5 05	11 45	18 27	3 40	15 41	
12	V		102	5 03	11 45	18 28	4 00	17 05	
13	H	16	103	5 01	11 45	18 30	4 19	18 30	● 20 09
14	K		104	4 59	11 44	18 31	4 45	19 55	
15	Sz		105	4 56	11 44	18 33	5 13	21 17	
16	Cs		106	4 54	11 44	18 34	5 49	22 24	
17	P		107	4 53	11 44	18 36	6 34	23 37	
18	Sz		108	4 51	11 44	18 37	7 28	— —	
19	V		109	4 49	11 43	18 38	8 32	0 29	
20	H	17	110	4 47	11 43	18 39	9 40	1 08	
21	K		111	4 45	11 43	18 41	10 50	1 38	☽ 0 40
22	Sz		112	4 43	11 43	18 43	11 57	2 00	
23	Cs		113	4 42	11 42	18 44	13 03	2 20	
24	P		114	4 40	11 42	18 45	14 08	2 36	
25	Sz		115	4 39	11 42	18 46	15 13	2 52	
26	V		116	4 37	11 42	18 48	16 20	3 07	
27	H	18	117	4 35	11 42	18 49	17 26	3 23	
28	K		118	4 33	11 42	18 51	18 35	3 42	
29	Sz		119	4 32	11 41	18 52	19 46	4 03	○ 4 20
30	Cs		120	4 30	11 41	18 53	20 56	4 31	

Hold: 12-én 8^h-kor földközelben, látszólagos sugara: 16′35″, 3
24-én 8^h-kor földtávolban, látszólagos sugara: 14′46″, 4

HÓNAP

0h világidőkor						
Julián dátum	Csillagidő ($\lambda = 0°$-nál)	A NAP			A HOLD	
		rektaszcenziója	deklinációja	látszósugara	rektaszcenziója	deklinációja
2434...	h m s	h m	° ′	′ ″	h m	° ′
468,5	12 36 13,56	0 40	+4 20	16 02	13 34	−15 06
469,5	12 40 10,11	0 44	4 44	16 02	14 22	19 29
470,5	12 44 06,67	0 48	5 07	16 02	15 13	23 05
471,5	12 48 03,22	0 51	5 30	16 01	16 08	25 37
472,5	12 51 59,78	0 55	5 53	16 01	17 05	26 52
473,5	12 55 56,34	0 59	6 15	16 01	18 04	26 38
474,5	12 59 52,90	1 02	6 38	16 00	19 03	24 52
475,5	13 03 49,46	1 06	7 01	16 00	20 01	21 35
476,5	13 07 46,02	1 10	7 23	16 00	20 58	16 59
477,5	13 11 42,57	1 13	7 45	16 00	21 53	11 20
478,5	13 15 39,12	1 17	8 08	15 59	22 46	− 4 57
479,5	13 19 35,67	1 21	8 30	15 59	23 40	+ 1 47
480,5	13 23 32,21	1 24	8 51	15 59	0 34	8 27
481,5	13 27 28,76	1 28	9 13	15 59	1 29	14 35
482,5	13 31 25,32	1 32	9 35	15 58	2 26	19 48
483,5	13 35 21,87	1 35	9 56	15 58	3 26	23 43
484,5	13 39 18,43	1 39	10 18	15 58	4 26	26 06
485,5	13 43 14,99	1 43	10 39	15 57	5 26	26 52
486,5	13 47 11,55	1 46	11 00	15 57	6 24	26 06
487,5	13 51 08,11	1 50	11 20	15 57	7 19	24 00
488,5	13 55 04,67	1 54	11 41	15 57	8 11	20 49
489,5	13 59 01,23	1 58	12 01	15 56	8 59	16 48
490,5	14 02 57,78	2 01	12 22	15 56	9 44	12 11
491,5	14 06 54,33	2 05	12 42	15 56	10 28	7 10
492,5	14 10 50,88	2 09	13 01	15 56	11 10	+ 1 54
493,5	14 14 47,43	2 13	13 21	15 55	11 53	− 3 28
494,5	14 18 43,98	2 16	13 40	15 55	12 36	8 45
495,5	14 22 40,53	2 20	13 59	15 55	13 21	13 47
496,5	14 26 37,08	2 24	14 18	15 55	14 09	18 20
497,5	14 30 33,63	2 28	+14 37	15 54	15 00	−22 09

I. MÁJUS

Dátum	A hét napjai	Az év hányadik hete	Az év hányadik napja	Középeurópai zónaidőben Budapesten A NAP kel	A NAP delel	A NAP nyugszik	A HOLD kel	A HOLD nyugszik	A HOLD fényváltozásai
				h m	h m	h m	h m	h m	h m
1	P	(18)	121	4 29	11 41	18 55	22 04	5 06	
2	Sz		122	4 27	11 41	18 56	23 02	5 54	
3	V		123	4 25	11 41	18 58	23 50	6 53	
4	H	19	124	4 23	11 41	18 59	— —	8 03	
5	K		125	4 22	11 41	19 01	0 28	9 20	
6	Sz		126	4 20	11 41	19 02	0 58	10 40	◐ 12 21
7	Cs		127	4 18	11 40	19 03	1 22	12 00	
8	P		128	4 17	11 40	19 04	1 42	13 21	
9	Sz		129	4 16	11 40	19 06	2 03	14 41	
10	V		130	4 14	11 40	19 07	2 23	16 03	
11	H	20	131	4 13	11 40	19 09	2 45	17 26	
12	K		132	4 12	11 40	19 10	3 10	18 40	
13	Sz		133	4 11	11 40	19 12	3 43	20 08	● 5 06
14	Cs		134	4 09	11 40	19 13	4 23	21 19	
15	P		135	4 08	11 40	19 14	5 14	22 18	
16	Sz		136	4 06	11 40	19 15	6 15	23 03	
17	V		137	4 05	11 40	19 16	7 24	23 35	
18	H	21	138	4 04	11 40	19 17	8 34	— —	
19	K		139	4 03	11 40	19 19	9 43	0 03	
20	Sz		140	4 02	11 40	19 20	10 50	0 23	☽ 18 20
21	Cs		141	4 01	11 40	19 21	11 56	0 41	
22	P		142	4 00	11 40	19 22	13 00	0 57	
23	Sz		143	3 59	11 41	19 23	14 05	1 12	
24	V		144	3 58	11 41	19 24	15 12	1 28	
25	H	22	145	3 56	11 41	19 26	16 20	1 46	
26	K		146	3 55	11 41	19 27	17 30	2 06	
27	Sz		147	3 55	11 41	19 28	18 42	2 32	
28	Cs		148	3 54	11 41	19 29	19 52	3 04	○ 17 03
29	P		149	3 54	11 41	19 30	20 55	3 49	
30	Sz		150	3 53	11 41	19 30	21 47	4 45	
31	V		151	3 52	11 41	19 31	22 29	5 55	

Hold: 10-én 6^h-kor földközelben, látszólagos sugara: 16′21″, 9
22-én 3^h-kor földtávolban, látszólagos sugara: 14′48″, 1

HÓNAP

Julián dátum	Csillagidő ($\lambda = 0°$-nál)	A NAP			A HOLD	
		rekta-szcenziója	deklinációja	látszó-sugara	rekta-szcenziója	deklinációja
2434...	h m s	h m	° ′	′ ″	h m	° ′
498,5	14 34 30,19	2 32	+14 55	15 54	15 54	−24 58
499,5	14 38 26,75	2 35	15 13	15 54	16 51	26 31
500,5	14 42 23,31	2 39	15 31	15 54	17 50	26 36
501,5	14 46 19,88	2 43	15 49	15 53	18 50	25 09
502,5	14 50 16,44	2 47	16 06	15 53	19 48	22 14
503,5	14 54 13,00	2 51	16 23	15 53	20 44	18 00
504,5	14 58 09,55	2 55	16 40	15 53	21 38	12 44
505,5	15 02 06,10	2 59	16 57	15 53	22 30	6 44
506,5	15 06 02,65	3 02	17 13	15 52	23 22	− 0 19
507,5	15 09 59,20	3 06	17 29	15 52	0 14	+ 6 10
508,5	15 13 55,76	3 10	17 45	15 52	1 07	12 21
509,5	15 17 52,31	3 14	18 00	15 52	2 03	17 49
510,5	15 21 48,87	3 18	18 15	15 51	3 01	22 13
511,5	15 25 45,43	3 22	18 30	15 51	4 01	25 12
512,5	15 29 41,99	3 26	18 45	15 51	5 02	26 36
513,5	15 33 38,55	3 30	18 59	15 51	6 02	26 22
514,5	15 37 35,12	3 34	19 13	15 51	6 52	24 41
515,5	15 41 31,68	3 38	19 26	15 50	7 53	21 48
516,5	15 45 28,23	3 42	19 39	15 50	8 43	17 59
517,5	15 49 24,79	3 46	19 52	15 50	9 29	13 30
518,5	15 53 21,34	3 50	20 05	15 50	10 14	8 34
519,5	15 57 17,90	3 54	20 17	15 50	10 56	+ 3 22
520,5	16 01 14,45	3 58	20 29	15 50	11 39	− 1 57
521,5	16 05 11,00	4 02	20 40	15 49	12 22	7 15
522,5	16 09 07,55	4 06	20 51	15 49	13 06	12 20
523,5	16 13 04,10	4 10	21 02	15 49	13 53	17 01
524,5	16 17 00,66	4 14	21 13	15 49	14 43	21 05
525,5	16 20 57,22	4 18	21 23	15 49	15 37	24 13
526,5	16 24 53,78	4 22	21 32	15 49	16 35	26 09
527,5	16 28 50,34	4 26	21 42	15 48	17 34	26 37
528,5	16 32 46,91	4 30	+21 51	15 48	18 34	−25 31

I. JÚNIUS

Dátum	A hét napjai	Az év hányadik hete	Az év hányadik napja	Középeurópai zónaidőben Budapesten A NAP kel	A NAP delel	A NAP nyugszik	A HOLD kel	A HOLD nyugszik	A HOLD fényváltozásai
				h m	h m	h m	h m	h m	h m
1	H	(23)	152	3 51	11 41	19 33	23 02	7 09	
2	K		153	3 50	11 42	19 34	23 27	8 30	
3	Sz		154	3 50	11 42	19 35	23 49	9 50	
4	Cs		155	3 49	11 42	19 35	— —	11 09	☾ 17 35
5	P		156	3 48	11 42	19 36	0 06	12 28	
6	Sz		157	3 48	11 42	19 37	0 27	13 47	
7	V		158	3 47	11 43	19 38	0 48	15 07	
8	H	24	159	3 47	11 43	19 39	1 11	16 28	
9	K		160	3 47	11 43	19 40	1 40	17 48	
10	Sz		161	3 47	11 43	19 40	2 16	19 01	
11	Cs		162	3 47	11 43	19 40	3 03	20 05	● 14 55
12	P		163	3 46	11 43	19 41	3 59	20 55	
13	Sz		164	3 46	11 44	19 41	5 05	21 33	
14	V		165	3 46	11 44	19 42	6 15	22 03	
15	H	25	166	3 46	11 44	19 42	7 25	22 26	
16	K		167	3 46	11 44	19 43	8 35	22 45	
17	Sz		168	3 46	11 44	19 43	9 42	23 02	
18	Cs		169	3 46	11 45	19 44	10 47	23 17	
19	P		170	3 46	11 45	19 44	11 51	23 32	☽ 12 01
20	Sz		171	3 46	11 45	19 44	12 57	23 48	
21	V		172	3 46	11 45	19 45	14 04	—	
22	H	26	173	3 46	11 46	19 45	15 13	0 08	
23	K		174	3 47	11 46	19 45	16 23	0 31	
24	Sz		175	3 47	11 46	19 45	17 34	1 01	
25	Cs		176	3 47	11 46	19 45	18 41	1 40	
26	P		177	3 48	11 46	19 45	19 39	2 31	
27	Sz		178	3 48	11 47	19 45	20 26	3 36	○ 3 29
28	V		179	3 49	11 47	19 45	21 02	4 51	
29	H	27	180	3 49	11 47	19 45	21 31	6 13	
30	K		181	3 50	11 47	19 45	21 54	7 36	

Nyár kezdete: 21-én 19^{h}-kor.

Hold: 5-én 15^{h}-kor földközelben, látszólagos sugara: 16′11″, 2
18-án 22^{h}-kor földtávolban, látszólagos sugara: 14′49″, 5

HÓNAP

Julián dátum	Csillagidő ($\lambda = 0°$-nál)	A NAP			A HOLD	
		rekta-szcenziója	deklinációja	látszó-sugara	rekta-szcenziója	deklinációja
2434...	h m s	h m	° ′	′ ″	h m	° ′
529,5	16 36 43,47	4 34	+21 59	15 48	19 34	−22 52
530,5	16 40 40,03	4 38	22 07	15 48	20 31	18 52
531,5	16 44 36,59	4 42	22 15	15 48	21 25	13 47
532,5	16 48 33,15	4 47	22 22	15 48	22 18	7 56
533,5	16 52 29,70	4 51	22 29	15 48	23 09	− 1 41
534,5	16 56 26,25	4 55	22 36	15 47	24 00	+ 4 40
535,5	17 00 22,80	4 59	22 42	15 47	0 51	10 47
536,5	17 04 19,36	5 03	22 48	15 47	1 45	16 19
537,5	17 08 15,92	5 07	22 54	15 47	2 41	20 57
538,5	17 12 12,48	5 11	22 59	15 47	3 39	24 20
539,5	17 16 09,04	5 15	23 03	15 47	4 39	26 15
540,5	17 20 05,61	5 20	23 07	15 47	5 40	26 34
541,5	17 24 02,17	5 24	23 11	15 47	6 38	25 22
542,5	17 27 58,73	5 28	23 15	15 47	7 33	22 51
543,5	17 31 55,29	5 32	23 17	15 47	8 25	19 16
544,5	17 35 51,85	5 36	23 20	15 47	9 13	14 56
545,5	17 39 48,41	5 40	23 22	15 46	9 58	10 05
546,5	17 43 44,96	5 45	23 24	15 46	10 42	+ 4 55
547,5	17 47 41,51	5 49	23 25	15 46	11 24	− 0 22
548,5	17 51 38,06	5 53	23 26	15 46	12 07	5 39
549,5	17 55 34,62	5 57	23 27	15 46	12 50	10 47
550,5	17 59 31,17	6 01	23 27	15 46	13 36	15 35
551,5	18 03 27,73	6 05	23 26	15 46	14 25	19 50
552,5	18 07 24,29	6 10	23 26	15 46	15 17	23 18
553,5	18 11 20,85	6 14	23 25	15 46	16 14	25 39
554,5	18 15 17,41	6 18	23 23	15 46	17 13	26 39
555,5	18 19 13,98	6 22	23 21	15 46	18 14	26 02
556,5	18 23 10,54	6 26	23 19	15 46	19 15	23 48
557,5	18 27 07,10	6 30	23 16	15 46	20 14	20 04
558,5	18 31 03,66	6 34	+23 13	15 46	21 11	−15 07

I. JÚLIUS

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

Nap: 5-én 18^h-kor földtávolban.
Hold: 2-án 1^h-kor földközelben, látszólagos sugara: 16′16″, 2
16-án 16^h-kor földtávolban, látszólagos sugara: 14′47″, 4
28-án 15^h-kor földközelben, látszólagos sugara: 16′30″, 0

HÓNAP

Julián dátum	Csillagidő ($\lambda = 0°$-nál)	A NAP			A HOLD	
		rektaszcenziója	deklinációja	látszósugara	rektaszcenziója	deklinációja
2434...	h m s	h m	° ′	′ ″	h m	° ′
559,5	18 35 00,22	6 39	+23 09	15 46	22 05	− 9 18
560,5	18 38 56,77	6 43	23 05	15 46	22 57	− 3 01
561,5	18 42 53,33	6 47	23 01	15 46	23 48	+ 3 23
562,5	18 46 49,88	6 51	22 56	15 46	0 39	9 34
563,5	18 50 46,43	6 55	22 51	15 46	1 32	15 13
564,5	18 54 42,99	6 59	22 45	15 46	2 27	20 00
565,5	18 58 39,55	7 03	22 39	15 46	3 23	23 39
566,5	19 02 36,11	7 07	22 33	15 46	4 22	25 55
567,5	19 06 32,68	7 12	22 26	15 46	5 21	26 40
568,5	19 10 29,24	7 16	22 15	15 46	6 19	25 55
569,5	19 14 25,80	7 20	22 11	15 46	7 15	23 47
570,5	19 18 22,36	7 24	22 03	15 46	8 08	20 31
571,5	19 22 18,92	7 28	21 55	15 46	8 57	16 23
572,5	19 26 15,48	7 32	21 46	15 46	9 44	11 39
573,5	19 30 12,03	7 36	21 37	15 46	10 28	6 33
574,5	19 34 08,58	7 40	21 27	15 46	11 11	+ 1 16
575,5	19 38 05,13	7 44	21 18	15 46	11 53	− 4 02
576,5	19 42 01,68	7 48	21 07	15 46	12 36	9 12
577,5	19 45 58,24	7 52	20 57	15 46	13 20	14 05
578,5	19 49 54,79	7 56	20 46	15 46	14 07	18 29
579,5	19 53 51,35	7 00	20 35	15 46	14 58	22 12
580,5	19 57 47,91	8 04	20 23	15 46	15 52	24 57
581,5	20 01 44,47	8 08	20 11	15 46	16 49	26 29
582,5	20 05 41,03	8 12	19 59	15 47	17 50	26 31
583,5	20 09 37,60	8 16	19 47	15 47	18 51	24 54
584,5	20 13 34,16	8 20	19 34	15 47	19 52	21 41
585,5	20 17 30,72	8 24	19 20	15 47	20 50	17 03
586,5	20 21 27,28	8 28	19 07	15 47	21 46	11 20
587,5	20 25 23,83	8 32	18 53	15 47	22 41	− 4 59
588,5	20 29 20,98	8 36	18 39	15 47	23 33	+ 1 37
589,5	20 33 16,93	8 40	+18 24	15 47	0 26	+ 8 04

I. AUGUSZTUS

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

Hold: 13-án 8^h-kor földtávolban, látszólagos sugara: 14′44″, 8
25-én 19^h-kor földközelben, látszólagos sugara: 16′40″, 3

HÓNAP

Julián dátum	Csillagidő ($\lambda = 0°$-nál)	A NAP			A HOLD	
		rekta-szcenziója	deklináció-ja	látszó-sugara	rekta-szcenziója	deklináció-ja
2434...	h m s	h m	° ′	′ ″	h m	° ′
590,5	20 37 13,48	8 43	+18 09	15 47	1 19	+13 59
591,5	20 41 10,04	8 47	17 54	15 47	2 14	19 02
592,5	20 45 06,59	8 51	17 39	15 48	3 10	22 58
593,5	20 49 03,15	8 55	17 23	15 48	4 08	25 33
594,5	20 52 59,72	8 59	17 07	15 48	5 07	26 39
595,5	20 56 56,28	9 03	16 51	15 48	6 05	26 16
596,5	21 00 52,84	9 07	16 35	15 48	7 01	24 30
597,5	21 04 49,40	9 10	16 18	15 48	7 54	21 33
598,5	21 08 45,95	9 14	16 01	15 48	8 43	17 40
599,5	21 12 42,51	9 18	15 43	15 49	9 30	13 06
600,5	21 16 39,06	9 22	15 26	15 49	10 15	8 05
601,5	21 20 35,61	9 26	15 08	15 49	10 58	+ 2 50
602,5	21 24 32,16	9 29	14 50	15 49	11 40	− 2 28
603,5	21 28 28,71	9 33	14 32	15 49	12 23	7 41
604,5	21 32 25,26	9 37	14 13	15 49	13 07	12 37
605,5	21 36 21,81	9 41	13 55	15 50	13 52	17 08
606,5	21 40 18,36	9 44	13 36	15 50	14 41	21 02
607,5	21 44 14,92	9 48	13 16	15 50	15 32	24 05
608,5	21 48 11,48	9 52	12 57	15 50	16 27	26 02
609,5	21 52 08,04	9 56	12 38	15 50	17 25	26 39
610,5	21 56 04,60	9 59	12 18	15 51	18 25	25 44
611,5	22 00 01,16	10 03	11 58	15 51	19 26	23 14
612,5	22 03 57,72	10 07	11 38	15 51	20 25	19 12
613,5	22 07 54,28	10 10	11 17	15 51	21 23	13 54
614,5	22 11 50,83	10 14	10 57	15 51	22 18	7 42
615,5	22 15 47,38	10 18	10 36	15 52	23 13	− 1 00
616,5	22 19 43,93	10 21	10 15	15 52	0 07	+ 5 44
617,5	22 23 40,48	10 25	9 54	15 52	1 02	12 04
618,5	22 27 37,03	10 29	9 33	15 52	1 58	17 35
619,5	22 31 33,58	10 32	9 12	15 52	2 55	21 58
620,5	22 35 30,14	10 36	+ 8 50	15 53	3 54	+ 24 58

I. SZEPTEMBER

Dátum	A hét napjai	Az év hányadik hete	Az év hányadik napja	Középeurópai zónaidőben Budapesten A NAP kel	A NAP delel	A NAP nyugszik	A HOLD kel	A HOLD nyugszik	A HOLD fényváltozásai
				h m	h m	h m	h m	h m	h m
1	K	(36)	244	5 02	11 44	18 25	22 36	14 41	
2	Sz		245	5 03	11 44	18 24	23 40	15 30	
3	Cs		246	5 04	11 44	18 22	— —	16 09	
4	P		247	5 05	11 43	18 20	0 48	16 38	
5	Sz		248	5 07	11 43	18 18	1 57	17 01	
6	V		249	5 08	11 43	18 16	3 06	17 20	
7	H	37	250	5 10	11 42	18 13	4 14	17 37	
8	K		251	5 11	11 42	18 11	5 17	17 53	● 7 47
9	Sz		252	5 13	11 42	18 10	6 22	18 08	
10	Cs		253	5 14	11 41	18 08	7 26	18 24	
11	P		254	5 15	11 41	18 06	8 32	18 43	
12	Sz		255	5 16	11 41	18 04	9 38	19 04	
13	V		256	5 18	11 40	18 02	10 46	19 32	
14	H	38	257	5 19	11 40	17 59	11 53	20 06	
15	K		258	5 21	11 39	17 58	12 57	20 50	
16	Sz		259	5 22	11 39	17 56	13 54	21 48	◑ 9 49
17	Cs		260	5 23	11 39	17 54	14 42	22 55	
18	P		261	5 24	11 38	17 51	15 21	— —	
19	Sz		262	5 26	11 38	17 49	15 52	0 12	
20	V		263	5 27	11 38	17 47	16 19	1 34	
21	H	39	264	5 29	11 37	17 45	16 42	2 58	
22	K		265	5 30	11 37	17 43	17 03	4 23	
23	Sz		266	5 31	11 37	17 41	17 29	5 48	○ 4 15
24	Cs		267	5 32	11 36	17 39	17 49	7 14	
25	P		268	5 34	11 36	17 37	18 18	8 41	
26	Sz		269	5 35	11 36	17 35	18 51	10 05	
27	V		270	5 37	11 35	17 32	19 35	11 24	
28	H	40	271	5 38	11 35	17 31	20 29	12 32	
29	K		272	5 39	11 35	17 29	21 32	13 26	◐ 21 51
30	Sz		273	5 40	11 34	17 27	22 39	14 09	

Ősz kezdete : 23-án 10h 7m-kor.

Hold: 9-én 17h-kor földtávolban, látszólagos sugara: 14′43″, 6
23-án 5h-kor földközelben látszólagos sugara: 16′46″, 3

HÓNAP

Julián dátum	Csillagidő ($\lambda = 0°$-nál)	A NAP			A HOLD	
		rekta-szcenziója	deklinációja	látszósugara	rekta-szcenziója	deklinációja
2434...	h m s	h m	° ′	′ ″	h m	° ′
621,5	22 39 26,70	10 40	+8 29	15 53	4 53	+26 26
622,5	22 43 23,26	10 43	8 07	15 53	5 52	26 24
623,5	22 47 19,82	10 47	7 45	15 53	6 48	24 57
624,5	22 51 16,38	10 50	7 23	15 53	7 41	22 17
625,5	22 55 12,93	10 54	7 01	15 54	8 31	18 39
626,5	22 59 09,48	10 58	6 38	15 54	9 19	14 17
627,5	23 03 06,03	11 01	6 16	15 54	10 04	9 26
628,5	23 07 02,58	11 05	5 54	15 54	10 47	+ 4 16
629,5	23 10 59,13	11 09	5 31	15 55	11 29	− 1 01
630,5	23 14 55,68	11 12	5 08	15 55	12 12	6 15
631,5	23 18 52,23	11 16	4 46	15 55	12 55	11 16
632,5	23 22 48,77	11 19	4 23	15 55	13 40	15 53
633,5	23 26 45,33	11 23	4 00	15 56	14 27	19 55
634,5	23 30 41,88	11 26	3 37	15 56	15 17	23 10
635,5	23 34 38,44	11 30	3 14	15 56	16 11	25 25
636,5	23 38 34,99	11 34	2 51	15 56	17 06	26 27
637,5	23 42 31,55	11 37	2 28	15 57	18 04	26 05
638,5	23 46 28,11	11 41	2 04	15 57	19 02	24 14
639,5	23 50 24,67	11 44	1 41	15 57	20 00	20 55
640,5	23 54 21,23	11 48	1 18	15 58	20 57	16 16
641,5	23 58 17,78	11 52	0 55	15 58	21 53	10 33
642,5	0 02 14,33	11 55	0 31	15 58	22 48	− 4 05
643,5	0 06 10,87	11 59	+0 08	15 58	23 43	+ 2 42
644,5	0 10 07,42	12 02	−0 15	15 59	0 38	9 20
645,5	0 14 03,97	12 06	0 39	15 59	1 35	15 21
646,5	0 18 00,52	12 10	1 02	15 59	2 34	20 20
647,5	0 21 57,08	12 13	1 26	15 59	3 34	23 57
648,5	0 25 53,64	12 17	1 49	16 00	4 35	25 57
649,5	0 29 50,20	12 20	2 12	16 00	5 36	26 21
650,5	0 33 46,76	12 24	−2 36	16 00	6 34	+25 15

I. OKTÓBER

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

Hold: 6-án 19^h-kor földtávolban, látszólagos sugara: 14′43″, 7
21-én 17^h-kor földközelben, látszólagos sugara: 16′41″, 4

HÓNAP

Julián dátum	Csillagidő ($\lambda = 0°$-nál)	A NAP			A HOLD	
		rektaszcenziója	deklinációja	látszósugara	rektaszcenziója	deklinációja
2434...	h m s	h m	° ′	′ ″	h m	° ′
651,5	0 37 43,32	12 28	−2 59	16 00	7 28	+22 51
652,5	0 41 39,87	12 31	3 22	16 01	8 19	19 27
653,5	0 45 36,42	12 35	3 46	16 01	9 07	15 16
654,5	0 49 32,97	12 38	4 09	16 01	9 53	10 33
655,5	0 53 29,52	12 42	4 32	16 02	10 36	5 30
656,5	0 57 26,07	12 46	4 55	16 02	11 19	+ 0 16
657,5	1 01 22,62	12 49	5 18	16 02	12 01	− 4 57
658,5	1 05 19,17	12 53	5 41	16 02	12 44	10 00
659,5	1 09 15,72	12 57	6 04	16 03	13 29	14 42
660,5	1 13 12,27	13 00	6 27	16 03	14 16	18 53
661,5	1 17 08,82	13 04	6 50	16 03	15 05	22 18
662,5	1 21 05,38	13 08	7 12	16 03	15 52	24 46
663,5	1 25 01,93	13 11	7 35	16 04	16 52	26 05
664,5	1 28 58,49	13 15	7 57	16 04	17 49	26 05
665,5	1 32 55,05	13 19	8 20	16 04	18 45	24 41
666,5	1 36 51,61	13 23	8 42	16 05	19 42	21 54
667,5	1 40 48,17	13 26	9 04	16 05	20 37	17 50
668,5	1 44 44,72	13 30	9 26	16 05	21 31	12 42
669,5	1 48 41,27	13 34	9 48	16 05	22 25	6 43
670,5	1 52 37,82	13 38	10 09	16 06	23 18	− 0 14
671,5	1 56 34,37	13 41	10 31	16 06	0 13	+ 6 22
672,5	2 00 30,92	13 45	10 52	16 06	1 09	12 38
673,5	2 04 27,47	13 49	11 13	16 07	2 07	18 08
674,5	2 08 24,03	13 53	11 35	16 07	3 08	22 25
675,5	2 12 20,59	13 57	11 55	16 07	4 11	25 08
676,5	2 16 17,15	14 00	12 16	16 07	5 13	26 09
677,5	2 20 13,71	14 04	12 37	16 08	6 14	25 32
678,5	2 24 10,27	14 08	12 57	16 08	7 11	23 28
679,5	2 28 06,83	14 12	13 17	16 08	8 04	20 17
680,5	2 32 03,38	14 16	13 37	16 08	8 54	16 15
681,5	2 35 59,94	14 20	−13 57	16 09	9 40	+11 38

I. NOVEMBER

Dátum	A hét napjai	Az év hányadik hete	Az év hányadik napja	Középeurópai zónaidőben Budapesten A NAP kel	A NAP delel	A NAP nyugszik	A HOLD kel	A HOLD nyugszik	A HOLD fényváltozásai
				h m	h m	h m	h m	h m	h m
1	V	(44)	305	6 27	11 28	16 28	1 00	14 07	
2	H	45	306	6 28	11 28	16 26	2 05	14 22	
3	K		307	6 30	11 28	16 24	3 09	14 38	
4	Sz		308	6 32	11 28	16 23	4 13	14 55	
5	Cs		309	6 33	11 28	16 21	5 19	15 16	
6	P		310	6 35	11 28	16 20	6 27	15 40	● 17 58
7	Sz		311	6 36	11 28	16 19	7 35	16 10	
8	V		312	6 37	11 28	16 18	8 41	16 48	
9	H	46	313	6 39	11 28	16 16	9 41	17 40	
10	K		314	6 41	11 28	16 15	10 34	18 38	
11	Sz		315	6 42	11 28	16 13	11 17	19 46	
12	Cs		316	6 44	11 28	16 12	11 51	21 00	
13	P		317	6 45	11 28	16 11	12 21	22 17	
14	Sz		318	6 46	11 28	16 10	12 45	23 35	◑ 7 52
15	V		319	6 47	11 29	16 09	13 06	— —	
16	H	47	320	6 49	11 29	16 08	13 26	0 53	
17	K		321	6 51	11 29	16 06	13 47	2 13	
18	Sz		322	6 53	11 29	16 05	14 12	3 36	
19	Cs		323	6 54	11 29	16 05	14 40	5 00	
20	P		324	6 56	11 30	16 04	15 15	6 25	○ 23 12
21	Sz		325	6 57	11 30	16 03	16 01	7 45	
22	V		326	6 58	11 30	16 02	16 58	8 56	
23	H	48	327	6 59	11 30	16 01	18 06	9 52	
24	K		328	7 01	11 31	16 00	19 17	10 34	
25	Sz		329	7 03	11 31	15 59	20 29	11 07	
26	Cs		330	7 04	11 31	15 58	21 40	11 32	
27	P		331	7 05	11 31	15 58	22 49	11 53	
28	Sz		332	7 07	11 32	15 57	23 53	12 11	☾ 8 16
29	V		333	7 08	11 32	15 57	— —	12 27	
30	H	49	334	7 09	11 32	15 56	0 57	12 43	

Hold: 3-án 3^h-kor földtávolban, látszólagos sugara: 14′44″, 7
18-án 24^h-kor földközelben, látszólagos sugara: 16′29″, 0
30-án 19^h-kor földtávolban, látszólagos sugara: 14′47″, 4

HÓNAP

Julián dátum	Csillagidő ($\lambda = 0°$-nál)	A NAP			A HOLD	
		rektaszcenziója	deklinációja	látszósugara	rektaszcenziója	deklinációja
2434...	h m s	h m	° ′	′ ″	h m	° ′
682,5	2 39 56,49	14 24	−14 16	16 09	10 24	+ 6 40
683,5	2 43 53,04	14 28	14 35	16 09	11 07	+ 1 31
684,5	2 47 49,59	14 31	14 54	16 09	11 50	− 3 14
685,5	2 51 46,14	14 35	15 13	16 10	12 33	8 45
686,5	2 55 42,69	14 39	15 32	16 10	13 17	13 32
687,5	2 59 39,24	14 43	15 50	16 10	14 04	17 50
688,5	3 03 35,80	14 47	16 08	16 10	14 53	21 27
689,5	3 07 32,35	14 51	16 26	16 11	15 45	24 09
690,5	3 11 28,91	14 55	16 43	16 10	16 39	25 43
691,5	3 15 25,47	14 59	17 00	16 11	17 36	26 00
692,5	3 19 22,04	15 03	17 17	16 11	18 32	24 53
693,5	3 23 18,60	15 07	17 34	16 11	19 28	22 25
694,5	3 27 15,16	15 12	17 50	16 12	20 23	18 43
695,5	3 31 11,71	15 16	18 06	16 12	21 16	13 58
696,5	3 35 08,27	15 20	18 22	16 12	22 08	8 24
697,5	3 39 04,82	15 24	18 37	16 12	22 59	− 2 19
698,5	3 43 01,37	15 28	18 52	16 13	23 51	+ 4 01
699,5	3 46 57,92	15 32	19 06	16 13	0 45	10 14
700,5	3 50 54,47	15 36	19 21	16 13	1 41	15 56
701,5	3 54 51,03	15 40	19 35	16 13	2 40	20 40
702,5	3 58 47,59	15 45	19 48	16 13	3 42	24 03
703,5	4 02 44,16	15 49	20 02	16 14	4 46	25 48
704,5	4 06 40,72	15 53	20 14	16 14	5 48	25 49
705,5	4 10 37,28	15 57	20 27	16 14	6 49	24 15
706,5	4 14 33,85	16 01	20 39	16 14	7 45	21 21
707,5	4 18 30,41	16 06	20 51	16 14	8 37	17 30
708,5	4 22 26,96	16 10	21 02	16 15	9 25	12 58
709,5	4 26 23,52	16 14	21 13	16 15	10 10	8 02
710,5	4 30 20,07	16 18	21 24	16 15	10 54	+ 2 53
711,5	4 34 16,62	16 23	−21 34	16 15	11 36	− 2 19

I. DECEMBER

Dátum	A hét napjai	Az év hányadik hete	Az év hányadik napja	Középeurópai zónaidőben Budapesten A NAP kel	A NAP delel	A NAP nyugszik	A HOLD kel	A HOLD nyugszik	A HOLD fényváltozásai
				h m	h m	h m	h m	h m	h m
1	K	(49)	335	7 10	11 33	15 56	2 02	13 00	
2	Sz		336	7 11	11 33	15 55	3 07	13 19	
3	Cs		337	7 13	11 34	15 54	4 14	13 42	
4	P		338	7 14	11 34	15 54	5 22	14 10	
5	Sz		339	7 15	11 34	15 54	6 29	14 46	
6	V		340	7 16	11 35	15 53	7 32	15 33	● 10 48
7	H	50	341	7 18	11 35	15 53	8 29	16 30	
8	K		342	7 19	11 36	15 53	9 16	17 37	
9	Sz		343	7 20	11 36	15 53	9 54	18 51	
10	Cs		344	7 21	11 37	15 53	10 25	20 07	
11	P		345	7 22	11 37	15 53	10 49	21 27	
12	Sz		346	7 22	11 37	15 53	11 11	22 42	
13	V		347	7 23	11 38	15 53	11 31	— —	☽ 16 30
14	H	51	348	7 24	11 38	15 53	11 50	0 01	
15	K		349	7 25	11 39	15 53	12 12	1 18	
16	Sz		350	7 25	11 39	15 53	12 38	2 39	
17	Cs		351	7 26	11 40	15 54	13 10	4 00	
18	P		352	7 27	11 40	15 54	13 50	5 21	
19	Sz		353	7 28	11 41	15 54	14 40	6 34	
20	V		354	7 28	11 41	15 55	15 44	7 37	○ 11 43
21	H	52	355	7 29	11 42	15 55	16 54	8 27	
22	K		356	7 29	11 42	15 56	18 07	9 04	
23	Sz		357	7 30	11 43	15 56	19 20	9 32	
24	Cs		358	7 30	11 43	15 57	20 31	9 56	
25	P		359	7 31	11 44	15 58	21 38	10 15	
26	Sz		360	7 31	11 44	15 58	22 43	10 31	
27	V		361	7 31	11 45	15 59	23 48	10 48	
28	H	53	362	7 31	11 45	16 00	— —	11 04	☾ 5 43
29	K		363	7 32	11 46	16 01	0 53	11 22	
30	Sz		364	7 32	11 46	16 01	1 58	11 43	
31	Cs		365	7 32	11 47	16 02	3 05	12 10	

Tél kezdete: 22-én 5^h 32^m-kor.

Hold: 16-án 15^h-kor földközelben, látszólagos sugara: 16′15″, 2
28-án 16^h-kor földtávolban, látszólagos sugara: 14′48″, 5

HÓNAP

Julián dátum	Csillagidő ($\lambda = 0^c$-nál)	A NAP			A HOLD	
		rekta-szcenziója	deklináció-ja	látszó-sugara	rekta-szcenziója	deklináció-ja
2434...	h m s	h m	° ′	′ ″	h m	° ′
712,5	4 38 13,17	16 27	−21 44	16 15	12 19	− 7 24
713,5	4 42 09,73	16 31	21 53	16 15	13 03	12 15
714,5	4 46 06,28	16 36	22 02	16 15	13 49	16 41
715,5	4 50 02,84	16 40	22 10	16 16	14 38	20 30
716,5	4 53 59,40	16 44	22 19	16 16	15 29	23 29
717,5	4 57 55,96	16 49	22 26	16 16	16 24	25 22
718,5	5 01 52,52	16 53	22 33	16 16	17 20	25 59
719,5	5 05 49,08	16 57	22 40	16 16	18 18	25 11
720,5	5 09 45,65	17 02	22 46	16 16	19 15	22 59
721,5	5 13 42,21	17 06	22 52	16 16	20 11	19 29
722,5	5 17 38,77	17 11	22 58	16 17	21 04	14 55
723,5	5 21 35,33	17 15	23 03	16 17	21 56	9 32
724,5	5 25 31,88	17 19	23 07	16 17	22 47	− 3 37
725,5	5 29 28,43	17 24	23 11	16 17	23 37	+ 2 32
726,5	5 33 24,99	17 28	23 15	16 17	0 29	8 37
727,5	5 37 21,54	17 33	23 18	16 17	1 22	14 17
728,5	5 41 18,10	17 37	23 21	16 17	2 19	19 12
729,5	5 45 14,66	17 42	23 23	16 17	3 18	22 59
730,5	5 49 11,22	17 46	23 24	16 17	4 20	25 18
731,5	5 53 07,79	17 50	23 26	16 17	5 22	25 59
732,5	5 57 04,35	17 55	23 26	16 17	6 24	25 01
733,5	6 01 00,92	17 59	23 27	16 18	7 22	22 36
734,5	6 04 57,48	18 04	23 27	16 18	8 16	19 01
735,5	6 08 54,04	18 08	23 26	16 18	9 07	14 38
736,5	6 12 50,60	18 13	23 25	16 18	9 54	9 44
737,5	6 16 47,15	18 17	23 23	16 18	10 38	+ 4 33
738,5	6 20 43,70	18 22	23 21	16 18	11 22	− 0 41
739,5	6 24 40,25	18 26	23 19	16 18	12 05	5 51
740,5	6 28 36,81	18 30	23 16	16 18	12 48	10 48
741,5	6 32 33,36	18 35	23 12	16 18	13 33	15 21
742,5	6 36 29,92	18 39	−23 08	16 18	14 20	19 22

II. A szabadszemmel látható bolygók koordinátái

Dátum	MERKUR			VÉNUSZ			MARS		
	Rektaszcenziója	Deklinációja	Látszó sugara	Rektaszcenziója	Deklinációja	Látszó sugara	Rektaszcenziója	Deklinációja	Látszó sugara
1953	h m	° ′	″	h m	° ′	″	h m	° ′	″
Jan. 1	17 25	−22 45	2,68	21 51	−14 48	9,19	22 13	−12 08	2,61
6	17 56	23 38	2,55	22 13	12 36	9,57	22 28	10 41	2,56
11	18 29	24 03	2,46	22 34	10 16	9,97	22 42	9 11	2,53
16	19 03	23 56	2,40	22 54	7 51	10,42	22 56	7 40	2,48
21	19 37	23 15	2,37	23 14	5 23	10,91	23 10	6 07	2,45
26	20 12	21 58	2,36	23 33	2 52	11,46	23 25	4 33	2,41
31	20 47	20 05	2,36	23 51	− 0 22	12,07	23 38	2 59	2,38
Febr. 5	21 22	17 34	2,40	0 08	+ 2 07	12,75	23 52	− 1 25	2,34
10	21 57	14 26	2,48	0 25	4 33	13,51	0 06	+ 0 09	2,31
15	22 31	10 45	2,60	0 41	6 55	14,36	0 20	1 43	2,28
20	23 04	6 39	2,80	0 56	9 10	15,33	0 34	3 16	2,25
25	23 33	− 2 29	3,12	1 09	11 18	16,42	0 47	4 48	2,21
Márc. 1	23 51	+ 0 29	3,47	1 19	12 53	17,39	0 58	6 00	2,19
6	00 04	3 11	4,05	1 30	14 40	18,74	1 12	7 29	2,17
11	00 05	4 11	4,71	1 38	16 13	20,24	1 26	8 55	2,14
16	23 54	3 15	5,27	1 44	17 28	21,89	1 40	10 20	2,11
21	23 38	+ 0 57	5,53	1 46	18 21	23,67	1 54	11 41	2,02
26	23 26	− 1 36	5,42	1 45	18 46	25,49	2 08	13 00	2,06
31	23 22	3 28	5,09	1 41	18 39	27,20	2 22	14 15	2,04
Ápr. 5	23 26	4 19	4,67	1 33	17 54	28,60	2 36	15 26	2,02
10	23 37	4 09	4,27	1 22	16 34	29,44	2 50	16 34	2,00
15	23 53	3 07	3,91	1 11	14 46	29,56	3 04	17 38	1,97
20	0 14	1 22	3,59	1 02	12 46	28,91	3 18	18 38	1,96
25	0 37	− 1 01	3,32	0 55	10 49	27,63	3 33	19 34	1,94
30	1 04	+ 3 53	3,09	0 51	9 10	25,95	3 47	20 24	1,92
Máj. 5	1 34	7 11	2,90	0 52	7 58	24,09	4 02	21 10	1,90
10	2 06	10 47	2,74	0 55	7 13	22,24	4 16	21 52	1,89
15	2 43	14 32	2,62	1 02	6 55	20,50	4 31	22 28	1,88
20	3 23	18 13	2,54	1 11	7 01	18,90	4 46	22 59	1,86
25	4 08	21 27	2,53	1 23	7 26	17,47	5 01	23 25	1,85
30	4 54	+23 52	2,58	1 36	+ 8 08	16,20	5 15	+23 45	1,84

és látszólagos sugara 0^h világidőkor

Dátum	JUPITER			SZATURNUSZ			URÁNUSZ		
	Rektaszcenziója	Deklinációja	Látszó sugara	Rektaszcenziója	Deklinációja	Látszó sugara	Rektaszcenziója	Deklinációja	Látszó sugara
1953	h m	° ′	″	h m	° ′	″	h m	° ′	″
Jan. 1	2 36	+14 04	20,79	13 41	−7 52	7,53	7 13	+22 50	1,93
6	2 36	14 05	20,46	13 42	7 57	7,59	7 12	22 52	1,93
11	2 36	14 08	20,12	13 43	8 01	7,66	7 11	22 53	1,93
16	2 36	14 12	19,79	13 44	8 04	7,72	7 10	22 55	1,93
21	2 37	14 17	19,46	13 44	8 06	7,79	7 09	22 56	1,93
26	2 38	14 24	19,14	13 45	8 07	7,86	7 08	22 58	1,92
31	2 40	14 33	18,82	13 45	8 07	7,92	7 07	22 59	1,92
Febr. 5	2 42	14 42	18,52	13 45	8 06	7,99	7 07	23 00	1,92
10	2 44	14 53	18,22	13 45	8 04	8,06	7 06	23 01	1,91
15	2 46	15 05	17,94	13 45	8 02	8,12	7 05	23 03	1,90
20	2 49	15 18	17,67	13 44	7 58	8,19	7 05	23 03	1,90
25	2 51	15 32	17,41	13 44	7 54	8,25	7 04	23 04	1,89
Márc. 1	2 54	15 43	17,22	13 43	7 50	8,29	7 04	23 05	1,89
6	2 57	15 58	16,99	13 43	7 44	8,35	7 03	23 05	1,88
11	3 00	16 14	16,77	13 42	7 38	8,40	7 03	23 05	1,87
16	3 04	16 30	16,57	13 41	7 31	8,44	7 03	23 06	1,86
21	3 08	16 46	16,38	13 39	7 23	8,48	7 03	23 06	1,86
26	3 12	17 03	16,21	13 38	7 16	8,51	7 03	23 06	1,85
31	3 16	17 20	16,05	13 37	7 07	8,53	7 03	23 05	1,84
Ápr. 5	3 20	17 37	15,91	13 36	6 59	8,55	7 03	23 05	1,83
10	3 24	17 54	15,78	13 34	6 50	8,56	7 04	23 05	1,82
15	3 29	18 11	15,66	13 33	6 42	8,56	7 04	23 04	1,81
20	3 33	18 27	15,56	13 31	6 34	8,56	7 04	23 03	1,81
25	3 38	18 44	15,47	13 30	6 25	8,55	7 05	23 02	1,80
30	3 43	19 00	15,39	13 28	6 18	8,53	7 06	23 01	1,79
Máj. 5	3 47	19 16	15,33	13 27	6 10	8,50	7 06	23 00	1,78
10	3 52	19 31	15,28	13 26	6 04	8,47	7 07	22 58	1,78
15	3 57	19 46	15,24	13 25	5 57	8,43	7 08	22 57	1,77
20	4 02	20 01	15,22	13 24	5 52	8,38	7 09	22 55	1,77
25	4 07	20 15	15,20	13 23	5 47	8,33	7 10	22 54	1,76
30	4 12	+20 28	15,20	13 22	−5 44	8,28	7 11	+22 52	1,76

II. A szabadszemmel látható bolygók koordinátái

Dátum	MERKUR			VÉNUSZ			MARS		
	Rektaszcenziója	Deklinációja	Látszó sugara	Rektaszcenziója	Deklinációja	Látszó sugara	Rektaszcenziója	Deklinációja	Látszó sugara
1953	h m	° ′	″	h m	° ′	″	h m	° ′	″
Jún. 4	5 40	+25 11	2,71	1 50	+ 9 04	15,07	5 30	+24 00	1,83
9	6 22	25 25	2,89	2 06	10 08	14,08	5 45	24 10	1,82
14	7 00	24 44	3,13	2 23	11 20	13,20	6 00	24 15	1,81
19	7 32	23 24	3,42	2 41	12 36	12,41	6 14	24 15	1,80
24	7 58	21 39	3,75	3 00	13 54	11,73	6 29	24 09	1,80
29	8 19	19 42	4,14	3 19	15 11	11,11	6 43	23 59	1,79
Júl. 4	8 33	17 47	4,56	3 40	16 26	10,55	6 58	23 43	1,79
9	8 40	16 06	5,00	4 01	17 37	10,04	7 12	23 23	1,78
14	8 39	14 54	5,40	4 22	18 42	9,60	7 26	22 58	1,78
19	8 30	14 23	5,69	4 45	19 38	9,19	7 40	22 29	1,78
24	8 17	14 39	5,73	5 08	20 26	8,82	7 54	21 55	1,78
29	8 04	15 33	5,46	5 31	21 03	8,49	8 07	21 18	1,78
Aug. 3	7 56	16 48	4,95	5 55	21 28	8,18	8 21	20 36	1,78
8	7 58	17 58	4,34	6 19	21 40	7,90	8 34	19 51	1,78
13	8 12	18 40	3,76	6 44	21 38	7,65	8 48	19 03	1,78
18	8 37	18 31	3,27	7 09	21 22	7,42	9 01	18 11	1,79
23	9 11	17 17	2,91	7 33	20 51	7,20	9 13	17 16	1,79
28	9 48	14 55	2,66	7 58	20 07	7,00	9 26	16 19	1,80
Szept. 2	10 26	11 42	2,52	8 23	19 08	6,81	9 39	15 19	1,81
7	11 03	7 58	2,44	8 47	17 55	6,65	9 51	14 17	1,82
12	11 37	4 03	2,40	9 12	16 30	6,49	10 03	13 12	1,83
17	12 08	+ 0 06	2,40	9 36	14 53	6,36	10 16	12 06	1,84
22	12 39	− 3 44	2,43	9 59	13 05	6,22	10 28	10 58	1,86
27	13 07	7 23	2,48	10 23	11 08	6,10	10 39	9 49	1,87
Okt. 2	13 35	10 48	2,55	10 46	9 03	5,98	10 51	8 38	1,88
7	14 02	13 56	2,66	11 09	6 50	5,88	10 03	7 26	1,90
12	14 29	16 44	2,79	11 32	4 33	5,78	11 15	6 13	1,92
17	14 54	19 09	2,97	11 55	+ 2 11	5,69	11 26	5 00	1,94
22	15 17	21 05	3,20	12 18	− 0 13	5,61	11 38	3 46	1,97
27	15 36	−22 25	3,51	12 41	− 2 38	5,53	11 49	+ 2 32	1,99

és látszólagos sugara 0^h világidőkor

Dátum	JUPITER			SZATURNUSZ			URÁNUSZ		
	Rektaszcenziója	Deklinációja	Látszó sugara	Rektaszcenziója	Deklinációja	Látszó sugara	Rektaszcenziója	Deklinációja	Látszó sugara
1953	h m	° ′	″	h m	° ′	″	h m	° ′	″
Jún. 4	4 17	+20 41	15,22	13 21	−5 41	8,22	7 12	+22 50	1,75
9	4 22	20 53	15,24	13 21	5 39	8,16	7 13	22 48	1,75
14	4 26	21 05	15,28	13 20	5 37	8,10	7 15	22 46	1,74
19	4 31	21 16	15,33	13 20	5 37	8,03	7 16	22 44	1,74
24	4 36	21 26	15,39	13 20	5 38	7,97	7 17	22 41	1,74
29	4 41	21 35	15,47	13 20	5 40	7,90	7 18	22 39	1,74
Júl. 4	4 46	21 44	15,55	13 20	5 42	7,83	7 20	22 37	1,74
9	4 50	21 52	15,65	13 20	5 46	7,76	7 21	22 34	1,74
14	4 55	22 00	15,77	13 21	5 51	7,70	7 22	22 32	1,74
19	4 59	22 07	15,89	13 22	5 56	7,63	7 24	22 29	1,74
24	5 03	22 13	16,03	13 22	6 02	7,57	7 25	22 27	1,74
29	5 08	22 18	16,18	13 23	6 09	7,51	7 26	22 24	1,74
Aug. 3	5 12	22 23	16,35	13 24	6 17	7,45	7 27	22 21	1,74
8	5 16	22 28	16,53	13 26	6 25	7,39	7 29	22 19	1,75
13	5 19	22 32	16,72	13 27	6 34	7,33	7 30	22 17	1,75
18	5 23	22 35	16,93	13 28	6 44	7,28	7 31	22 14	1,75
23	5 26	22 38	17,14	13 30	6 54	7,23	7 32	22 12	1,76
28	5 29	22 40	17,37	13 32	7 05	7,19	7 33	22 10	1,76
Szept. 2	5 32	22 42	17,62	13 33	7 16	7,15	7 34	22 08	1,77
7	5 35	22 43	17,87	13 35	7 27	7,11	7 35	22 06	1,77
12	5 37	22 45	18,14	13 37	7 39	7,07	7 36	22 04	1,78
17	5 39	22 46	18,42	13 39	7 52	7,04	7 37	22 02	1,79
22	5 41	22 47	18,70	13 41	8 04	7,02	7 37	22 01	1,79
27	5 42	22 48	19,00	13 43	8 17	6,99	7 38	21 59	1,80
Okt. 2	5 43	22 48	19,30	13 46	8 29	6,97	7 39	21 58	1,81
7	5 44	22 49	19,60	13 48	8 42	6,96	7 39	21 57	1,82
12	5 45	22 49	19,90	13 50	8 55	6,94	7 39	21 56	1,83
17	5 45	22 49	20,21	13 52	9 08	6,94	7 40	21 56	1,83
22	5 44	22 49	20,51	13 55	9 21	6,93	7 40	21 56	1,84
27	5 44	+22 49	20,80	13 57	−9 34	6,93	7 40	+21 55	1,85

II. A szabadszemmel látható bolygók koordinátái

Dátum	MERKUR			VÉNUSZ			MARS		
	Rektaszcenziója	Deklinációja	Látszó sugara	Rektaszcenziója	Deklinációja	Látszó sugara	Rektaszcenziója	Deklinációja	Látszó sugara
1953	h m	° ′	″	h m	° ′	″	h m	° ′	″
Nov. 1	15 49	−22 59	3,93	13 04	−5 03	5,46	12 01	+ 1 18	2,02
6	15 51	22 26	4,42	13 27	7 26	5,40	12 12	+ 0 04	2,05
11	15 37	20 25	4,85	13 50	9 45	5,33	12 23	− 1 10	2,07
16	15 12	17 11	4,90	14 14	11 58	5,28	12 35	2 23	2,11
21	14 54	14 33	4,46	14 38	14 05	5,23	12 46	3 36	2,14
26	14 53	13 55	3,87	15 03	16 02	5,19	12 57	4 48	2,18
Dec. 1	15 06	14 58	3,38	15 28	17 50	5,14	13 09	5 58	2,22
6	15 28	16 49	3,03	15 54	19 25	5,10	13 20	7 08	2,27
11	15 55	18 53	2,79	16 20	20 47	5,07	13 32	8 16	2,31
16	16 24	20 50	2,62	16 46	21 55	5,05	13 43	9 23	2,37
21	16 56	22 27	2,49	17 13	22 45	5,02	13 55	10 28	2,42
26	17 28	23 40	2,41	17 41	23 19	4,99	14 06	11 31	2,48
31	18 02	−24 24	2,36	18 08	23 35	4,97	14 18	−12 32	2,54

és látszólagos sugara 0^h világidőkor

Dátum	JUPITER			SZATURNUSZ			URÁNUSZ		
	Rektaszcenziója	Deklinációja	Látszó sugara	Rektaszcenziója	Deklinációja	Látszó sugara	Rektaszcenziója	Deklinációja	Látszó sugara
1953	h m	° ′	″	h m	° ′	″	h m	° ′	″
Nov. 1	5 43	+22 48	21,08	13 59	− 9 46	6,94	7 40	+21 56	1,86
6	5 41	22 48	21,34	14 01	9 58	6,95	7 40	21 56	1,87
11	5 40	22 48	21,58	14 04	10 10	6,96	7 40	21 57	1,88
16	5 38	22 47	21,79	14 06	10 22	6,98	7 40	21 57	1,88
21	5 35	22 46	21,98	14 08	10 33	7,00	7 39	21 58	1,89
26	5 33	22 45	22,13	14 10	10 44	7,02	7 39	22 00	1,90
Dec. 1	5 30	22 43	22,25	14 12	10 55	7,05	7 38	22 01	1,91
6	5 27	22 42	22,32	14 14	11 05	7,08	7 38	22 03	1,91
11	5 24	22 40	22,35	14 16	11 14	7,12	7 37	22 04	1,92
16	5 21	22 38	22,34	14 18	11 23	7,16	7 36	22 06	1,92
21	5 18	22 36	22,29	14 20	11 31	7,21	7 35	22 08	1,93
26	5 16	22 34	22,19	14 22	11 39	7,25	7 34	22 10	1,93
31	5 13	+22 32	22,06	14 23	−11 46	7,30	7 34	+22 12	1,93

III. A Jupiter 1—4. holdjának Magyarországon látható jelenségei középeurópai zónaidőben

(A második és ötödik, ill. harmadik és hatodik oszlopban a pontok elhelyezése nagyjából a holdaknak a bolygókoronghoz viszonyított látszólagos helyzeteit érzékeltetik; a mozgás iránya mindig a holdak megjelölésére szolgáló szám irányába esik. A k és v betű annak a megkülönböztetésére szolgál, hogy a megadott időpont a jelenség kezdetére vagy végére vonatkozik-e. „á" betű a holdak árnyékának a bolygókorongon való végigvonulási adatait jelöli meg.)

Dátum	A holdak a bolygó korongja			
	nyugati oldalán	előtt ill. árnyékuk (á)	mögött	keleti oldalán
				fogyatkozás
Január	$21^h\ 45^m$	h m	h m	$21^h\ 45^m$	h m
1	2· 4·			·1 ·3	1 v 20 02
2	4· 1·		2 k 23 04	·2 3	
3	4· 3·	3 v 20 48 á3 k 23 29		·1·2	
4	4· 3· 1· 2·	á3 v 1 35 2 v 20 34 á2 k 20 36 á2 v 22 56			
5	4· 3· 2·			1·	
6	4. ·3·1			2·	
7	·4	1 k 21 14 á1 k 22 27 1 v 23 23	1 k 0 06	2 ·3	
8	2· ·4	á1 v 0 35	1 k 18 34	·3	1 v 21 58
9	1 ·2	á1 v 19 04		·4 3·	
10	3·	3 k 22 26	2 k 1 32	·1 ·2 ·4	

Dátum	A holdak a bolygó korongja			
	nyugati oldalán	előtt ill. árnyékuk (á)	mögött	keleti oldalán
				fogyatkozás
Január	$21^h\ 45^m$	h m	h m	$21^h\ 45^m$ h m
11	3· 1·	3 v 0 35 2 k 20 41 2 v 23 04 á2 k 23 13		·4
12	·3 ·2	á2 v 1 33		1· ·4
13	·3·1			·2 4· 2 v 19 44
14		1 k 23 06	1 k 1 58	1··3 2· 4· 3 v 19 48
15	2·	á1 k 0 22 1 v 1 15	1 k 20 26	·3 4· 1 v 23 53
16	·2 1·	á1 k 18 51 1 v 19 43 á1 v 21 00		4 3·
17	4·			3··1 ·2
18	4·3· 1·2·	2 k 23 13		
19	4·3 ·2			1·
20	4· ·3 ·1		2 v 19 45	2 k 20 01 2 v 22 22
21	4·			1· 2· 3 k 21 42 3 v 23 51
22	·4 2·		1 k 22 20	·1 ·3
23	·4 ·2 1·	á1 k 20 47 1 v 21 37 á1 v 22 56		3·

Dátum	A holdak a bolygó korongja nyugati oldalán	előtt ill. árnyékuk (á)	mögött	keleti oldalán	fogyatkozás
Január	$21^h\ 45^m$	h m	h m	$21^h\ 45^m$	h m
24	·4			3··1 ·2	1 v 20 18
25	3· 1··4			2·	
26	3· 2·			·1·4	
27	·3 ·1		2 k 19 54 2 v 22 20	·4	2 k 22 38
28			3 k 20 15 3 v 22 32	1· 2· 4·	
29	2··1	á2 v 20 05		·3 ·4	
30	·2	1 k 21 23 á1 k 22 43 1 v 23 32	1 k 0 14	3· 4·	
31			1 k 18 43	3··2 4·	1 v 22 38
Február	$21^h\ 15^m$	h m	h m	$21^h\ 15^m$	h m
1	3· 1·	á1 v 19 21		2· 4·	
2	3· 2·			1· 4·	
3	·3 1· 4·		2 k 22 32	·2	
4	4· ·3			1· ·2	
5	4· ·1 2·	2 v 20 05 á2 k 20 23 á2 v 22 42		·3	

Dátum	A holdak a bolygó				
	nyugati oldalán	korongja előtt ill. árnyékuk (á)	korongja mögött	keleti oldalán	fogyatkozás
Február	$21^h\ 15^m$	h m	h m	$21^h\ 15^m$	h m
6	4· ·2	1 k 23 19		1· 3·	
7	.4		1 k 20 39	·2 3·	
8	·4 3·1·	á3 k 19 38 1 v 19 58 á1 v 21 16 á3 v 21 46		2·	
9	·4 3· 2·			1·	1 v 18 38
10	·3·4 1··2				
11	·3			·4 ·1 ·2	
12	·1	2 k 20 20 2 v 22 44 á2 k 22 59		·3 ·4	
13	·2			1· ·3 ·4	
14			1 k 22 36	·1 ·2 3· ·4	2 v 19 35
15	3·	1 k 19 45 3 v 20 36 á1 k 21 04 1 v 21 55 á1 v 23 12		2· ·4	
16	3· 2·			·1 4·	1 v 20 33
17	·3 1··2			4·	

Dátum	A holdak a bolygó korongja			
	nyugati oldalán	előtt ill. árnyékuk (á)	mögött	keleti oldalán
				fogyatkozás
Február	$21^h\ 15^m$	h m	h m	$21^h\ 15^m$
18	·3			·1 ·2 4·
19	·1 2·			4· ·3
20	2· 4·			1· ·3
21	4· ·1		2 v 19 40	3·
				2 k 19 52 2 v 22 13
22	4· 3· 1·	1 k 21 43 3 k 22 27		2·
23	4· 3· 2·		1 k 19 03	1 v 22 29
24	·4 ·3 ·2 1·	ál v 19 37		
25	·4 ·3			·1 ·2
26	·4 1·			2· ·3
				3 v 20 01
27	2· ·4			1· ·3
28	·1		2 k 19 58 2 v 22 25	·4 3·

Dátum	A holdak a bolygó korongja				
	nyugati oldalán	előtt ill. árnyékuk (á)	mögött	keleti oldalán	fogyatkozás
Március	$21^h\ 00^m$	h m	h m	$21^h\ 00^m$	h m
1				1·3· 2··4	
2	3· 2	á2 v 19 49	1 k 21 02	·1 ·4	
3	3· ·2 1·	1 v 20 22 á1 v 21 33		·4	
4	·3			·1 ·2 ·4	
5	1·		3 v 19 21	·3 2· 4·	3 k 21 50
6	2·			·1 ·3 4·	
7	·1 ·2			4· 3·	
8				4·1·3· ·2	
9	3·4· 2··1	á2 k 20 06 2 v 20 13			
10	4·3· ·2	1 k 20 12 á1 k 21 20			
11	4· ·3			·12·	1· 2048
12	4· 1·		3 k 21 16	·3 2·	
13	·4 2·			·1 ·3	
14	·4 ·1·2			3·	

Dátum	A holdak a bolygó korongja				
	nyugati oldalán	előtt ill. árnyékuk (á)	mögött	keleti oldalán	fogyatkozás
Március	$21^h\ 00^m$	h m	h m	$21^h\ 00^m$	h m
15	·4			1· 3··2	
16	·4 3··1	2 k 20 34			
17	3· ·2			1··4	
18	·3		1 k 19 31	·2 ·4	2 v 19 29
19	1··3	á1 v 19 54		2· ·4	
20	2·			·1 ·3 ·4	
21	1··2			·3 4·	
22				1· 3··2 4	
23	·1 3·	á3 k 19 48		2· 4·	
24	3· 2·			1· 4·	
25	·3 4·			·1	
26	4· ·3 1·			2·	
27	4· 2·			·1 ·3	
28	4· ·21·			·3	
29	4·			·1 ·2 3·	
30	·4 ·1	3 k 20 06		2·	
31	·4 3·2·			1·	

Dátum	A holdak a bolygó			
	fogyatkozás	nyugati oldalán	korongja előtt ill. árnyékuk (á)	korongja mögött	keleti oldalán
Aug.	h m	$3^h\ 30^m$	h m	h m	$3^h\ 30^m$
1		3.			1··2 ·4
2		·3			2· ·4
3		2··3	1 k 1 41		·4
4		.2			·1 ·3 4·
5		1·			·2 ·3 4·
6		2·	á2 k 2 27		·1 3· 4·
7		·2 ·1 3·	á3 v 2 26		4·
8		3· 4·		2 v 2 15	·2 1·
9		·3 4· ·1			2·
10		4· ·3 2· 1·	á1 k 2 32		
11		4· ·2		2 v 2 59	·1 ·3
12		·4 1·			·2 ·3
13		·4			2· ·1 3·
14		·4 2· 1·			3·

Dátum	A holdak a bolygó korongja			
	fogyatkozás	nyugati oldalán	előtt ill. árnyékuk (á)	mögött	keleti oldalán
Aug.	h m	3h 30m	h m	h m	3h 30m
15		·4 3·			1·
16		3· ·1			·4 2·
17		·3 2·			1· ·4
18	1 k 1 32	·2		3 v 1 25	·3 ·4
19		1·	á1 v 1 04 1 v 2 17		2· ·3 ·4
20					2· ·1 3· 4·
21		2· 1·			3· 4·
22	2 k 2 46	3·			1· 4·
23		3· ·1			2· 4·
24		·3 2·	2 v 1 52		1· 4·
25		·2 4·		3 k 3 00	
26		4·	1 k 2 03 á1 v 2 58		·2 ·3
27		4·		1 v 1 23	·1 2· 3·
28		4· 2· 1·			3·
29		·4 3· ·2			·1
30		·4 3· ·1			·2
31		·4 ·3	á2 v 1 54 2 k 2 08		1·

Dátum	A holdak a bolygó korongja			
	fogyatkozás	nyugati oldalán	előtt ill. árnyékuk (á)	mögött	keleti oldalán
Szept.	h m	$3^h\ 00^m$	h m	h m	$3^h\ 00^m$
1	3 k 1 53	·4 ·2 ·1			
2		1·	á1 k 2 42		4··2 ·3
3				1 v 3 20	2· ·4 ·3
4		2· 1.			3· ·4
5		·2 3·			·1 ·4
6		3 1·			·2 ·4
7		·3	á2 k 2 08		2· 1· 4·
8		2· ·3·1		2 k 23 52	4·
9				2 v 2 17	·21· ·3 4·
10	1 k 1 42		á1 k 23 04		4· 2· ·3
11		4·2·1	1 k 0 23 á1 v 1 14 1 v 2 33	1 v 23 44	3·
12		4· ·2	3 k 1 19		·1
13		4· 3· 1·			·2
14		4· ·3			2· ·1

Dátum	A holdak a bolygó korongja			
	fogyatkozás	nyugati oldalán	előtt ill. árnyékuk (á)	mögött	keleti oldalán
Szept.	h m	3^h 00^m	h m	h m	3^h 00^m
15	2 k 23 47	·4 2··3 1			
16	2 v 2 12	·4		2 k 2 28	1··3
17	1 k 3 36	·4 ·1	2 v 23 09		2· ·3
18		· 4 2·	á1 k 0 57 1 k 2 17 á1 v 3 07 á3 k 23 54		3·
19		·2 3·	á3 v 2 27	1 v 1 38	·4·1
20		3·1·			·2 ·4
21		·3			2··1 ·4
22		2··3·1			·4
23	2 k 2 22				·31· 4·
24		·1	á2 v 23 02 2 k 23 19		·2 ·3 4·
25	1 k 23 58	1· 2·	2 v 1 45 á1 k 2 51		3· 4·
26		·2	á3 k 3 53 á1 v 23 29	1v 3 31	3· 4·
27		3· 1·4	1 v 0 47		·2
28		3· 4·			·1 2·
29		4· ·3 2· 1·		3 k 23 10	
30		4· ·2		3 v 1 51	·3 1·

Dátum	A holdak a bolygó korongja			
	fogyatkozás	nyugati oldalán	előtt ill. árnyékuk (á)	mögött	keleti oldalán
Október	h m	$2^h\ 30^m$	h m	h m	$2^h\ 30^m$
1		4· ·1	á2 k 23 14		·2 ·3
2		·4	á2 v 1 38 2 k 1 52		1· 3·
3	1 k 1 52	·4 ·2	á1 k 23 13	2 v 23 13	3·
4		·4 3·	1 k 0 29 á1 v 1 23 1 v 2 39	1 v 23 52	·2
5		3· ·4	1 v 21 07		·1 2·
6	3 k 21 50	·3 2· 1·			·4
7	3 v 0 28	·2		3 k 3 00	·3 ·1 ·4
8		·1			·2·3 ·4
9			á2 k 1 50 á2 v 4 15		2· 1· 3· ·4
10	1 k 3 46 2 k 20 47 2 v 23 12	2· ·1		2 k 23 15	3· 4·
11	1 k 22 15	3·	á1 k 1 06 1 k 2 19 á1 v 3 16 1 v 4 29	2 k 1 40	·2 4·
12		3·	1 k 20 47 á1 v 21 44 1 v 22 57	1 v 1 42	·1 2· 4·
13		·3 2·1			4·
14	3 k 1 49 3 v 4 28	·2 4·			·1
15		4· 1·			·2 ·3

Dátum	A holdak a bolygó korongja			
	fogyatkozás	nyugati oldalán	előtt ill. árnyékuk (á)	mögött	keleti oldalán
Október	h m	$2^h\ 30^m$	h m	h m	$2^h\ 30^m$
16		4·	á2 k 4 27		2· 1· ·3
17	2 k 23 21	4· 2· ·1	3 k 20 35 3 v 23 13		3·
18		4· 3·	á1 k 2 59 1 k 4 08	2 v 4 06	1·
19	1 k 0 09	·4 3·	2 k 20 06 á2 v 20 10 á1 k 21 28 2 v 22 31 1 k 22 36 á1 v 23 38	1 v 3 32	2·
20		·4 ·3 2 1·	1 v 0 46	1 v 21 59	
21		·4 ·2 ·3			·1
22		1· ·4			·2 ·3
23					2·1··4 ·3
24		2· ·1	á3 v 22 27		3· ·4
25	2 k 1 55		3 k 0 13 3 v 2 51		1· ·4
26	1 k 2 03	3·	á2 k 20 21 2 k 22 31 á2 v 22 47 á1 k 23 21		2· ·4
27	1 k 20 32	·3 2·	1 k 0 23 2 v 0 57 á1 v 1 32 1 v 2 34	1 v 23 47	4·
28		·2 ·3	1 v 21 01		·1 4·
29		1·			·2·3 4·
30					4··21· ·3
31		2·4··1	á3 k 23 48		3·

Dátum	A holdak a bolygó korongja			
	fogyatkozás	nyugati oldalán	előtt ill. árnyékuk (á)	mögött	keleti oldalán
November	h m	$1^h\ 45^m$	h m	h m	$1^h\ 45^m$
1	2 k 4 29	4· ·2 3·	á3 v 2 27 3 k 3 45		1·
2	1 k 3 57	4· 3· ·1	á2 k 22 58		·2
3	1 k 22 26	4· ·3 1·	á1 k 1 15 á2 v 1 24 1 k 2 10 2 v 3 20 á1 v 3 25 1 v 4 21		
4		·4 ·2·3	1 k 20 37 á1 v 21 54 1 v 22 47	1 v 1 34 2 v 22 00	·1
5		·4 1·			·2 3
6		·4			·1 2· ·3
7		·42·1·			3·
8		·2	á3 k 3 47		·43· 1·
9		3· ·1			·2 ·4
10		3· 2·	á2 k 1 35 á1 k 3 08 2 k 3 15 1 k 3 56 á2 v 4 02		1· ·4
11	1 k 0 20 2 k 20 20 3 v 20 29	·32·	á1 k 21 36 1 k 22 22 1 v 23 47	1 v 3 21 3 k 20 56 3 v 23 37	·4
12		1·	1 v 0 33	2 v 0 17 1 v 21 47	·2·3 ·4
13					·1 2· ·3 4·
14		1· 2·			3· 4·

Dátum	A holdak a bolygó korongja			
	fogyatkozás	nyugati oldalán	előtt ill. árnyékuk (á)	mögött	keleti oldalán
November	h m	1h 45m	h m	h m	1h 45m
15		·2			3·1· 4·
16		3· ·1	-		4· ·2
17		3· 4·	á2 k 4 12		2·1·
18	1 k 2 14 3 k 20 47 2 k 22 54	4· 2··3	á1 k 23 30		·1
19	1 k 20 43	4·	1 k 0 07 á1 v 1 41 1 v 2 18	2 v 2 33 3 v 2 59 1 v 23 32	
20		4·	á2 v 19 58 á1 v 20 10 1 v 20 44 2 v 21 09		·1 2· ·3
21		·4 1·2·			3·
22		·4 ·2			·13·
23		·4 3··1			·2
24		·3 ·4			2·1·
25	1 k 4 09	·3 2· ·1			·4
26	2 k 1 28 3 k 1 46 1 k 22 38	1·	á1 k 1 24 1 k 1 51 á1 v 3 35 1 v 4 02	2 v 4 48	·3 ·4
27			á1 k 19 52 2 k 20 08 1 k 20 17 2 k 20 59 á1 v 22 04 1 v 22 28 á2 v 22 36 2 v 23 25	1 v 1 16	·1 2··3 ·4
28		1·2·		1 v 19 42	3· ·4
29		·2	3 v 19 53		·1 3· 4·
30		1· 3·			·2 4·

Dátum	A holdak a bolygó			
	nyugati oldalán	korongja előtt ill. árnyékuk (á)	korongja mögött	keleti oldalán
				fogyatkozás
Dec.	$24^h\ 30^m$	h m	h m	$24^h\ 30^m$	h m
1	·3 2· ·1			4·	
2	·3·24·			1·	
3	4·	á1 k 3 18 1 k 3 34		·1 ·3·2	2 k 4 02
4	4· 1·	á1 k 21 46 1 k 22 00 á2 k 22 45 2 k 23 14 1 v 23 58	1 v 3 00	·3	1 k 0 32
5	4· ·2	1 v 0 11 á2 v 1 14 2 v 1 41	1 v 21 26	·1 3·	1 k 19 01
6	4· 1·3·	á3 k 19 43 3 k 20 29 á3 v 22 28 3 v 23 08	2 v 20 07	·2	
7	·4 3·			2··1	
8	·4 ·3 2··1				
9	·4 ·3·2			1·	
10		á1 k 5 12 1 k 5 17		·1·4 ·3·2	
11	2·	á1 k 23 40 1 k 23 43	1 v 4 44	·4 ·3	1 k 2 27
12	·2	á2 k 1 23 2 k 1 29 á1 v 1 52 1 v 1 54 á2 v 3 51 2 v 3 56	1 v 23 10	·1 3··4	1 k 20 56

Dátum	A holdak a bolygó korongja				
	nyugati oldalán	előtt ill. árnyékuk (á)	mögött	keleti oldalán	fogyatkozás
Dec.	$24^h\ 30^m$	h m	h m	$24^h\ 30^m$	h m
13	1·	1 v 20 20 á1 v 20 21 á3 k 23 43 3 k 23 44		·2 ·4	2 k 19 53 2 v 22 22
14	3·	3 v 2 24 á3 v 2 29		·1 2· ·4	
15	·3 ·12·			4·	
16	·3 ·2			1· 4·	
17	·1			·3 ·2 4·	
18	1·		1 k 4 15	·2 4· ·3	
19	2· 4·	1 k 1 26 á1 k 1 34 1 v 3 38 2 k 3 44 á1 v 3 46 á2 k 4 00	1 k 22 41	3·	
20	4· 1·	1 k 19 52 á1 k 20 03 1 v 22 03 á1 v 22 15	2 k 22 07	3·	1 v 1 04
21	4· 3·	3 k 2 59 á3 k 3 42		·1 2·	1 v 19 32
22	4· ·3 1· 2·	2 v 19 18 á2 v 19 48			
23	·4 ·3·2			1·	
24	·4 ·1			·3 ·2	3 v 20 34

Dátum	A holdak a bolygó				
	korongja				
	nyugati oldalán	előtt ill. árnyékuk (á)	mögött	keleti oldalán	fogyatkozás
Dec.	$24^h\ 30^m$	h m	h m	$24^h\ 30^m$	h m
25	·4			1·2· ·3	
26	2··4	1 k 3 10 á1 k 3 29		3·	
27	1·	1 k 21 36 á1 k 21 57 1 v 23 47	1 k 0 25	·43·	1 v 2 59
28	3·	á1 v 0 09	2 k 0 21	·1 2· ·4	2 v 3 32 1 v 21 28
29	3· 1· 2·	2 k 19 07 á2 k 19 56 2 v 21 34 á2 v 22 26		·4	
30	·3·2			·1 ·4	
31	·1		3 k 19 57	·2 4·	

December 3-án és 13-án a 2. hold a fogyatkozás kezdetekor a bolygó korong nyugati oldalán van.

IV. Adatok a szabadban való látásra vonatkozólag

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

IV. Adatok a szabadban való látásra vonatkozólag

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

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

Dátum		Delelési idő		Egynapi változás		Óraszög		Azimut		Óraszög	
		h	m	m	s	h	m	°	′	h	m
Jan.	10	18	28	−3	57	0	00	0	00,0	24	00
	20	17	48	3	57	0	30	0	11,2	23	30
	30	17	08	3	57	1	00	0	22,2	23	00
						1	30	0	32,8	22	30
Febr.	9	16	29	3	57	2	00	0	42,8	22	00
	19	15	49	3	57	2	30	0	52,1	21	30
Márc.	1	15	10	3	57	3	00	1	00,5	21	00
	11	14	30	3	57	3	30	1	07,9	20	30
	21	13	51	3	56	4	00	1	13,8	20	00
	31	13	12	3	56	4	30	1	18,5	19	30
						5	00	1	22,0	19	00
Ápr.	10	12	32	3	56	5	30	1	23,9	18	30
	20	11	53	3	56	6	00	1	24,4	18	00
	30	11	14	3	56	6	30	1	23,5	17	30
Máj.	10	10	35	3	55	7	00	1	21,1	17	00
	20	9	55	3	55	7	30	1	17,4	16	30
	30	9	16	3	55	8	00	1	12,4	16	00
						8	30	1	06,2	15	30
Jún.	9	8	37	3	55	9	00	0	59,0	15	00
	19	7	58	3	55	9	30	0	50,6	14	30
	29	7	19	3	55	10	00	0	41,6	14	00
						10	30	0	31,8	13	30
Júl.	9	6	40	3	55	11	00	0	21,5	13	00
	19	6	01	3	55	11	30	0	10,8	12	30
	29	5	22	3	55	12	00	0	00,0	12	00
Aug.	8	4	42	3	55						
	18	4	03	3	55	Poláris Északtól Nyugatra				Poláris Északtól Keletre	
	28	3	24	3	55						
Szept.	7	2	45	3	55						
	17	2	06	3	55						
	27	1	27	3	55						
Okt.	7	0	48	3	55						
	17	0	08	3	56						
	27	23	29	3	56						
Nov.	6	22	50	3	56						
	16	22	10	3	56						
	26	21	31	3	56						
Dec.	6	20	52	3	57						
	15	20	12	3	57						
	25	19	33	3	57						

A Sarkcsillag látszólagos koordinátái:
Deklináció: +89°03′
Rektaszcenzió: 1h51m

VI. Budapesten látható csillagfedések 1953-ban

(Világidőben)

Dátum	N.Z.C.	Csillag	Mag	Fázis	A Hold kora	Világidő		a	b	P
					d	h	m	m	m	o
Jan. 3	1371	81 Canc	6,4	R	17,1	5	03,7	−1,0	−1,4	260
3	1439	18 Leon	5,9	R	17,8	20	45,3	−0,5	+2,3	257
19	3494	λ Pisc	4,6	D	4,1	17	17,0	−0,4	+1,6	14
22	370	26 Arie	6,1	D	7,3	22	52,0	0,0	−1,6	98
23	470	+22° 457	7,0	D	8,1	16	21,9	−1,5	+1,2	75
26	926	+26° 1082	7,0	D	11,2	17	47,8	−1,1	+1,9	71
30*	1327	+17° 1966	6,8	D	14,4	0	26,1	−2,7	+0,4	66
30*	1327	+17° 1966	6,8	R	14,4	1	09,2	+0,4	−3,7	358
Febr. 2	1611	p^4 Leon	5,7	R	17,5	2	01,1	−0,6	−2,3	342
4	1800	*q* Virg	5,4	R	19,5	3	37,7	−1,8	−1,2	283
16	29	+5° 25	7,2	D	2,7	17	57,2	−0,4	−1,0	75
18	311	47 B Arie	6,5	D	4,7	19	45,9	−0,5	−1,3	83
21	750	+26° 775 *m*	6,9	D	7,8	21	17,5	−0,8	−1,7	101
21	762	+26° 783	6,6	D	7,9	23	25,0	+0,5	−2,5	140
22	912	+26° 1046	7,0	D	8,9	23	51,4	−0,7	−0,7	59
23	1058	+24° 1470	7,0	D	9,9	23	35,8	+0,5	−3,2	162
24	1070	ω Gemi	5,2	D	10,0	2	14,4	+1,1	−2,6	170
24	1161	187 B Gemi	6,2	D	10,7	17	42,1	−1,5	+1,6	80
Márc. 18	387	+19° 389	6,9	D	3,2	17	51,1	−0,9	+0,6	36
21	844	112 B Auri *m*	5,7	D	6,3	19	14,7	—	—	26
21	849	+26° 884	6,5	D	6,3	19	51,9	−0,9	−1,5	97
21	869	+26° 937 *m*	7,2	D	6,5	22	38,1	+0,2	−1,6	106
22	1030	ε Gemi	3,2	D	7,5	23	57,7	+0,1	−1,2	79
23	1144	+23 1744	6,6	D	8,4	22	00,0	−0,5	−2,0	118
24	1152	+22° 1735	6,9	D	8,5	0	34,5	+0,5	−1,9	140
25	1354	+16° 1901	7,3	D	10,4	18	51,0	−1,4	−1,3	134
25	1371	81 Canc	6,4	D	10,5	23	20,2	−0,6	−2,0	122
28	1565	35 Sext *f*	6,3	D	12,6	1	19,0	−1,0	−1,4	73
Ápr. 5	2470	95 G Ophi	6,1	R	20,6	2	03,5	−1,6	+0,2	294
26	1800	*q* Virg	5,4	D	13,1	21	31,5	−0,8	−1,7	158
Máj. 1	2287	π Scor	3,0	D	17,2	0	26,1	−1,7	−0,5	109
1	2287	π Scor	3,0	R	17,2	1	47,1	−1,6	−0,9	274
Jún. 23	2174	−23° 12133	6,4	D	12,3	20	50,1	−1,7	−0,7	106
24	2312	65 B Scor	5,6	D	13,2	19	49,1	−1,8	+0,5	83
Júl. 3	3512	22 Pisc	5,8	R	21,4	0	15,4	−0,8	+1,6	253
4	233	101 Pisc	6,2	R	23,4	23	52,0	0,0	+1,6	252
22	2405	134 B Scor	6,4	D	11,8	20	51,2	−1,7	−1,1	117
Aug. 20	2650	66 B Sgtr	4,7	D	11,2	19	43,4	−1,9	−0,7	117

*Holdfogyatkozáskor.

VI. Budapesten látható csillagfedések 1953-ban

(Világidőben)

Dátum	N.Z.C.	Csillag	Mag	Fázis	A Hold kora	Világidő		a	b	P
					d	h	m	m	m	o
Aug. 29	440	ε Arie *m*	4,6	R	20,3	23	47,1	+0,1	+2,9	199
30	587	+24° 599	6,4	R	21,3	23	37,8	−0,4	+1,6	257
Szept. 2	900	139 Taur	4,9	R	23,4	0	41,1	−0,7	+0,6	304
16	2575	−27° 12070	6,8	D	8,4	18	33,2	−1,8	−1,2	112
19	3038	−18° 5779 *f*	6,7	D	11,5	18	07,3	−1,5	+0,8	82
19	3041	81 B Capr	6,4	D	11,5	18	42,0	−1,5	+0,7	70
26	501	66 Arie	6,1	R	18,5	19	51,8	+0,2	+1,6	245
27	537	17 Taur	3,8	D	18,8	2	51,4	−1,6	+0,5	68
27	545	23 Taur	4,2	D	18,8	3	41,2	−1,5	−2,2	119
27	541	20 Taur	4,0	D	18,8	3	52,5	—	—	8
27	537	17 Taur	3,8	R	18,8	4	06,2	−1,4	−0,9	269
28	842	+25° 879	6,3	R	20,6	22	27,1	−0,5	+0,8	298
28	852	125 Taur	5,0	R	20,7	23	58,2	−0,8	+1,3	270
29	1015	52 B Gemi	6,4	R	21,7	23	44,8	−0,2	+1,8	253
30	1023	+24° 1343	6,5	R	21,7	0	45,5	−0,6	+1,8	259
Okt. 12	2366	α Scor	1,2	D	4,5	11	44,9	−1,8	+1,4	70
12	2366	α Scor	1,2	R	4,5	12	53,6	−1,3	−0,3	315
17	3134	−14° 6020	6,9	D	9,8	20	19,8	−2,1	−1,8	109
17	3142	−14° 6026	6,8	D	9,9	21	46,1	−0,3	+0,4	31
18	3278	ϱ Aquar	5,4	D	10,8	21	08,0	−0,7	+0,7	34
18	3285	170 B Aquar	6,1	D	10,9	23	15,2	−0,1	+1,1	16
23	440	ε Arie *m*	4,6	R	15,8	18	50,1	−1,0	+0,6	303
24	598	36 Taur	5,7	R	16,8	19	44,5	+0,2	+2,2	219
29	1337	o² Canc	5,6	R	22,0	23	43,7	−0,3	+0,9	290
Nov. 12	2938	−21° 5629	7,3	D	6,0	16	47,6	−1,4	−0,3	70
15	3366	−4° 5793	6,6	D	9,2	22	27,7	−0,7	−1,9	98
17	89	136 B Pisc	6,5	D	11,1	21	24,7	−1,2	+0,4	55
18	233	101 Pisc	6,2	D	12,1	20	08,9	−2,3	−0,8	109
21	552	η Taur	3,0	D	14,3	1	29,6	−1,5	+1,6	30
21	552	η Taur	3,0	R	14,3	2	08,5	−0,3	−3,5	318
24	1050	87 B Gemi	5,8	R	17,3	0	22,7	−1,9	+2,6	234
25	1193	85 Gemi	5,4	R	18,4	4	48,8	—	—	229
Dec. 11	3188	λ Capr	5,4	D	5,3	18	59,4	−1,2	−2,6	111
13	3444	22 B Pisc	6,5	D	7,2	16	06,0	−0,4	+2,2	10
14	51	+6° 43	7,2	D	8,4	22	06,9	−0,6	−1,6	94
16	311	47 B Arie	6,5	D	10,3	17	54,4	−0,2	+3,3	10
24	1458	83 B Leon	5,9	R	18,6	23	50,8	−1,5	+1,6	265
27	1662	388 B Leon	6,3	R	20,6	1	28,8	−0,3	−2,0	350

A CSILLAGOS ÉG AZ 1953. ÉVBEN

(Az időpontok a középeurópai időben vannak megadva)

1. ábra. A csillagos ég északi fele január hó 1-én Magyarországon 21 órakor

1. Kis Göncöl-szekér (Ursa minor); 2. Cepheus; 3. Cassiopeia; 4. Zsiráf (Camelopardalis); 5. Nagy Göncölszekere (Ursa maior); 6. Sárkány (Draco); 7. Lant (Lyra); 8. Hattyú (Cygnus); 9. Gyík (Lacerta); 10. Andromeda; 11. Háromszög (Triangulum); 12. Perseus; 13. Szekeres (Auriga); 14. Vadászebek (Canes Venitici); 15. Ökörhajcsár (Bootes); 16. Északi korona (Corona borealis); 17. Kígyó (Serpens); 18. Kígyótartó (Ophiuchus); 19. Herkules; 20. Sas (Aquila); 21. Delfin (Delphinus); 22. Pegazus; 23. Halak (Pisces); 24. Kos (Aries); 25. Cet (Cetus); 26. Bika (Taurus); 27. Ikrek (Gemini).

Teljes holdfogyatkozás 29—30-án, nálunk is látható. Belépés a félárnyékba 29-én 21 óra 40,1 perckor, belépés a teljes árnyékba 22 óra 54,1 perckor, teljes fogyatkozás kezdete 30-án 0 óra 4,6 perckor, teljes fogyatkozás közepe 30-án 0 óra 47,3 perckor, teljes fogyatkozás vége 30-án 1 óra 29,9 perckor, kilépés a teljes árnyékból 30-án 2 óra 40,4 perckor, kilépés a félárnyékból 3 óra 54,5 perckor. A fogyatkozás nagysága a Hold átmérőjében kifejezve 1,337.

Bolygók

Merkur előretartó mozgást végez 4-ig, az Ophiucus 25-ig, a Sagittarius utána pedig a Capricornus csillagképekben. A hó első napjaiban látható a hajnali szürkületben a délkeleti égbolton. 14-én 18 órakor együttállásban a Holddal, ettől 2°-kal északra. Fázisa 1-én 0,86, fényessége $-0.^{m}3$. — *Vénusz* előretartó mozgást végez 2-ig a Capricornus,

2. ábra. A csillagos ég déli fele január hó 1-én Magyarországon, 21 órakor

28. Kis kutya (Canis minor); 29. Rák (Cancer); 30. Vízi kígyó (Hydra); 31. Hiúz (Lynx); 32. Kis oroszlán (Leo minor); 33. Oroszlán (Leo); 34. Berenice haja (Coma Berenices); 35. Sextans; 36. Szűz (Virgo); 37. Mérleg (Libra); 38. Skorpió (Scorpius); 39. Nyilas (Sagittarius); 40. Bak (Capricornus); 41. Vízöntő (Aquarius); 42. Eridanus folyó (Eridanus); 43. Kaszás (Orion); 44. Egyszarvú (Monoceros); 45. Nyúl (Lepus); 46. Nagy kutya (Canis major); 47. Serleg (Crater); 48. Holló (Corvus); 49. Farkas (Lupus); 50. Déli hal (Piscis austrinus); 51. Galamb (Columba); 52. Puppis; 53. Centaurus.

23-ig az Aquarius utána pedig a Pisces csillagképekben. Az esti órákban látható a nyugati égbolton. 31-én legnagyobb keleti kitérésben 47° szögtávolságra a Naptól. 18-án 3 órakor együttállásban a Marssal, ettől 0,2°-kal északra. 19-én 2 órakor együttállásban a Holddal, ettől 4°-kal délre. Fázisa 15-én 0,59, fényessége $-3^m.9$. — *Mars* előretartó mozgást végez 26-áig az Aquarius, utána a Pisces csillagképekben. Az esti órákban látható a nyugati égbolton. 19-én 2 órakor együttállásban a Holddal, ettől 4°-kal délre. Fényessége 15-én $+1^m3$. — *Jupiter* 5-ig hátráló, utána előretartó mozgást végez az Aries csillagképben. Az éjszaka első felében látható. A hó elején 3 órával, a végén pedig 1 órával nyugszik éjfél után. 23-án 3 órakor együttállásban a Holddal, utóbbitól 7°-kal délre. Fényessége 15-én $-2.^m1$. — *Szaturnusz* előretartó mozgást végez a Virgo csillagképben. Éjfél után látható a keleti égbolton. 9-én 10 órakor együttállásban a Holddal, ettől 9°-kal északra. Fényessége $+0.^m9$. — *Uránusz* hátráló mozgást végez a Gemini csillagképben. Az egész éj folyamán látható. 7-én 3 órakor szembenállásban a Nappal. 28-án 0 órakor együttállásban a Holddal, ettől 2°-kal délre. — *Neptunusz* előretartó mozgást végez a Virgó csillagképben. Éjfél után látható a keleti égbolton.

3. ábra. A csillagos ég északi fele február hó 1-én Magyarországon, 21 órakor

1. Kis Göncöl-szekér (Ursa minor); 2. Cepheus; 3. Cassiopeia; 4. Zsiráf (Camelopardalis); 5. Nagy Göncölszekere (Ursa major); 6. Sárkány (Draco); 7. Lant (Lyra); 8. Hattyú (Cygnus); 9. Gyík (Lacerta); 10. Andromeda; 11. Háromszög (Triangulum); 12. Perseus; 13. Szekeres (Auriga); 14. Vadászebek (Canes Venitici); 15. Ökörhajcsár (Bootes); 16. Északi korona (Corona borealis); 17. Kígyó (Serpens); 18. Kígyótartó (Ophiuchus); 19. Herkules; 20. Sas (Aquila); 21. Delfin (Delphinus); 22. Pegazus; 23. Halak (Pisces); 24. Kos (Aries); 25. Cet (Cetus); 26. Bika (Taurus); 27. Ikrek (Gemini).

Részleges napfogyatkozás. 14-én, nálunk nem figyelhető meg. A fogyatkozás látható Ázsia keleti részeiben, a Fülöp-szigeteken, Japánban, a Csendes-óceán nyugati részeiben és Alaszka északnyugati részeiben.

Bolygók

Merkur előretartó mozgást végez 10-ig a Capricornus, 24-ig az Aquarius és utána a Pisces csillagképekben. A hó második felében látható az esti szürkületben a nyugati égbolton. 3-án 0 órakor felső együttállásban a Nappal. 14-én 20 órakor együttállásban a Holddal, ettől 4°-kal délre. Fázisa 25-én 0,70, fényessége $-0.^{m}7$. — *Vénusz* előretartó mozgást végez a Pisces csillagképben. A késő esti órákban látható a nyugati égbolton. 17-én 10 órakor együttállásban a Holddal, ettől 2°-kal délre. Fázisa 15-én 0,43, fényessége $-4.^{m}2$. — *Mars* előretartó mozgást végez a Pisces csillagképben. Az esti órákban látható a nyugati égbolton. 17-én 0 órakor együttállásban a Holddal, ettől 5°-kal délre. Fényessége $+1.^{m}4$. — *Jupiter* előretartó mozgást végez az Aries csillagképben. Éjfélkor nyug-

4. ábra. A csillagos ég déli fele február hó 1-én Magyarországon, 21 órakor

28. Kis kutya (Canis minor); 29. Rák (Cancer); 30. Vizi kígyó (Hydra); 31. Hiúz (Lynx); 32. Kis oroszlán (Leo minor); 33. Oroszlán (Leo); 34. Berenice haja (Coma Berenices); 35. Sextans; 36. Szűz (Virgo); 37. Mérleg (Libra); 38. Skorpió (Scorpius); 39. Nyilas (Sagittarius); 40. Bak (Capricornus); 41. Vízöntő (Aquarius); 42. Eridanus folyó (Eridanus); 43. Kaszás (Orion); 44. Egyszarvú (Monoceros); 45. Nyúl (Lepus); 46. Nagy kutya (Canis major); 47. Serleg (Crater); 48. Holló (Corvus); 49. Farkas (Lupus); 50. Déli hal (Piscis austrinus); 51. Galamb (Columba); 52. Puppis; 53. Centaurus.

szik és az éjszaka első felében látható a nyugati égbolton. 19-én 15 órakor együttállásban a Holddal, ettől 6°-kal délre. Fényesség 15-én $-1.^{m}9$. — *Szaturnusz* 5-ig előretartó, utána hátráló mozgást végez a Virgo csillagképben. A későesti órákban kel és az egész éj folyamán látható. 5-én 19 órakor együttállásban a Holddal ettől 8°-kal északra. Fényessége $+0.^{m}7$. — *Uránusz* hátráló mozgást végez a Gemini csillagképben. Az egész éj folyamán látható. 24-én 4 órakor együttállásban a Holddal, ettől 2°-kal délre. — *Neptunusz* hátráló mozgást végez a Virgo csillagképben. A későesti órákban kel és az egész éj folyamán látható.

5. ábra. A csillagos ég északi fele március hó 1-én Magyarországon, 21 órakor

1. Kis Göncöl-szekér (Ursa minor); 2. Cepheus; 3. Cassiopeia; 4. Zsiráf (Camelopardalis); 5. Nagy Göncöl-szekere (Ursa major); 6. Sárkány (Draco); 7. Lant (Lyra); 8. Hattyú (Cygnus); 9. Gyík (Lacerta); 10. Andromeda; 11. Háromszög (Triangulum); 12. Perseus; 13. Szekeres (Auriga); 14. Vadászebek (Canes Venitici); 15. Ökörhajcsár (Bootes); 16. Északi korona (Corona borealis); 17. Kígyó (Serpens); 18. Kígyótartó (Ophiuchus); 19. Herkules; 20. Sas (Aquila); 21. Delfin (Delphinus); 22. Pegazus; 23. Halak (Pisces); 24. Kos (Aries); 25. Cet (Cetus); 26. Bika (Taurus); 27. Ikrek (Gemini).

Bolygók

Merkur 9-ig előretartó, utána hátráló mozgást végez a Pisces csillagképben. A hó első napjaiban látható az esti szürkületben a nyugati égbolton. 2-án 4 órakor legnagyobb keleti kitérésben 18° szögtávolságra a Naptól. 18-án 14 órakor alsó együttállásban a Nappal. 15-én 21 órakor együttállásban a Holddal, ettől 0°.3-kal délre. 2-án fázisa 0.49, fényessége $-0.^{m}2$. — *Vénusz* előretartó mozgást végez 17-ig a Pisces és utána az Aries csillagképekben. 23-án stacionárius, utána hátráló mogást vesz fel és 29-én újból a Pisces csillagképbe lép. Az esti órákban látható a nyugati égbolton. 17-én 21 órakor együttállásban a Holddal, ettől 2°-kal északra. Legnagyobb fényességét 8-án éri el, amikor $-4.^{m}3$, fázisa ugyanakkor 0.28. — *Mars* előretartó mozgást végez 16-ig a Pisces, utána az Aries csillagképekben. A koraesti órákban látható a nyugati égbolton. 17-én 21 órakor együttállásban a Holddal ettől 5°-kal délre. Fényessége $+1.^{m}5$. — *Jupiter* előretartó mozgást végez az Aries csillagképben. A késő esti órákig látható a nyugati égbolton. 19-én 7 órakor együttállásban a Holddal, ettől 7°-kal délre. Fényessége $-1.^{m}7$. — *Szaturnusz* hátráló mozgást

6. ábra. A csillagos ég déli fele március hó 1-én Magyarországon, 21 órakor

28. Kis kutya (Canis minor); 29. Rák (Cancer); 30. Vizi kígyó (Hydra); 31. Hiúz (Lynx); 32. Kis oroszlán (Leo minor); 33. Oroszlán (Leo); 34. Berenice haja (Coma Berenices); 35. Sextans; 36. Szűz (Virgo); 37. Mérleg (Libra); 38. Skorpió (Scorpius); 39. Nyilas (Sagittarius); 40. Bak (Capricornus); 41. Vízöntő (Aquarius); 42. Eridanus folyó (Eridanus); 43. Kaszás (Orion); 44. Egyszarvú (Monoceros); 45. Nyúl (Lepus); 46. Nagy kutya (Canis major); 47. Serleg (Crater); 48. Holló (Corvus); 49. Farkas (Lupus); 50. Déli hal (Piscis austrinus); 51. Galamb (Columba); 52. Puppis; 53. Centaurus.

végez a Virgo csillagképben. Az esti órákban kel és az egész éj folyamán látható. 5-én 0 órakor együttállásban a Holddal, ettől 8°-kal északra. Fényessége $+0.^{m}5$. — *Uránusz* 23-ig hátráló, utána előretartó mozgást végez a Gemini csillagképben. A hajnali órákban nyugszik és az egész éj folyamán látható. 23-án 10 órakor együttállásban a Holddal ettől 2°-kal délre. — *Neptunusz* hátráló mozgást végez a Virgo csillagképben. A koraesti órákban kel és az egész éj folyamán látható. 4-én 17 órakor és 31-én 21 órakor együttállásban a Holddal, mindkét esetben utóbbitól 7°-kal északra.

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

7. ábra. A csillagos ég északi fele április hó 1-én Magyarországon, 21 órakor

1. Kis Göncöl-szekér (Ursa minor); 2. Cepheus; 3. Cassiopeia; 4. Zsiráf (Camelopardalis); 5. Nagy Göncöl-szekér (Ursa major); 6. Sárkány (Draco); 7. Lant (Lyra); 8. Hattyú (Cygnus); 9. Gyík (Lacerta); 10. Andromeda; 11. Háromszög (Triangulum); 12. Perseus; 13. Szekeres (Auriga); 14. Vadászebek (Canes Venitici); 15. Ökörhajcsár (Bootes); 16. Északi korona (Corona borealis); 17. Kígyó (Serpens); 18. Kígyótartó (Ophiuchus); 19. Herkules; 20. Sas (Aquila); 21. Delfin (Delphinus); 22. Pegazus; 23. Halak (Pisces); 24. Kos (Aries); 25. Cet (Cetus; 26. Bika (Taurus); 27. Ikrek (Gemini).

Bolygók

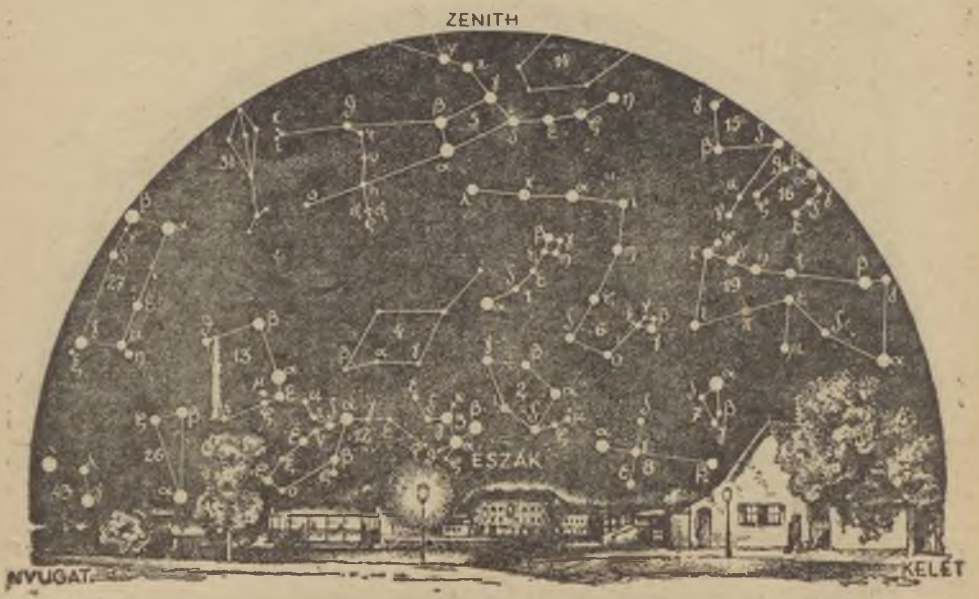
Merkur 1-től előretartó mozgást végez a Pisces csillagképben. A hó közepe táján látható napkeltekor a keleti égbolton. 15-én 7 órakor legnagyobb nyugati kitérésben 27° szögtávolságra a Naptól. 12-én 3 órakor együttállásban a Holddal, ettől 6°-kal délre. 15-én fázisa 0.46, fényessége $+0.^{m}6$. — *Vénusz* hátráló mozgást végez a Pisces csillagképben. A hó első napjaiban látható közvetlenül napnyugta után a nyugati égbolton. 13-án 9 órakor alsó együttállásban a Nappal. Fázisa 1-én 0.06, fényessége $-3.^{m}8$. — *Mars* előretartó mozgást végez 20-ig az Aries, utána a Taurus csillagképekben. A koraesti órákban látható a nyugati égbolton. 15-én 17 órakor együttállásban a Holddal, ettől 5°-kal délre, 27-én 17 órakor a Jupiterrel, ettől 1°-kal északra. Fényessége $+1.^{m}6$. — *Jupiter* előretartó mozgást végez 6-ig az Aries, utána a Taurus csillagképekben. A koraesti órákban látható a nyugati égbolton. 16-án 3 órakor együttállásban a Holddal, ettől 6°-kal délre. Fényessége $-1.^{m}6$. — *Szaturnusz* hátráló mozgást végez a Virgo csillagképben. Az egész éj folyamán látható. 14-én 6 órakor szembenállásban a Nappal. 1-én 2 órakor és 28-án 5 órakor együtt-

8. ábra. A csillagos ég déli fele április hó 1-én Magyarországon, 21 órakor

28. Kis kutya (Canis minor); 29. Rák (Cancer); 30. Vizi kígyó (Hydra); 31. Hiúz (Lynx); 32. Kis oroszlán (Leo minor); 33. Oroszlán (Leo); 34. Berenice haja (Coma Berenices); 35. Sextans; 36. Szűz (Virgo); 37. Mérleg (Libra); 38. Skorpió (Scorpius); 39. Nyilas (Sagittarius); 40. Bak (Capricornus); 41. Vízöntő (Aquarius); 42. Eridanus folyó (Eridanus); 43. Kaszás (Orion); 44. Egyszarvú (Monoceros); 45. Nyúl (Lepus); 46. Nagy kutya (Canis major); 47. Serleg (Crater); 48. Holló (Corvus); 49. Farkas (Lupus); 50. Déli hal (Piscis austrinus); 51. Galamb (Columba); 52. Puppis; 53. Centaurus.

állásban a Holddal, ettől 8°-kal északra. Fényessége $+0.^{m}5$. — *Uránusz* előretartó mozgást végez a Gemini csillagképben. Éjfél után nyugszik és az éjszaka első felében látható. 19-én 18 órakor együttállásban a Holddal, ettől 2°-kal délre. — *Neptunusz* hátráló mozgást végez a Virgo csillagképben. Az egész éj folyamán látható. 12-én 19 órakor szembenállásban a Nappal.

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



9. ábra. A csillagos ég északi fele május hó 1-én Magyarországon, 21 órakor

1. Kis Göncöl-szekér (Ursa minor); 2. Cepheus; 3. Cassiopeia; 4. Zsiráf (Camelopardalis); 5. Nagy Göncöl szekere (Ursa major); 6. Sárkány (Draco); 7. Lant (Lyra); 8. Hattyú (Cygnus); 9. Gyík (Lacerta); 10. Andromeda; 11. Háromszög (Triangulum); 12. Perseus; 13. Szekeres (Auriga); 14. Vadászebek (Canes Venitici); 15. Ökörhajcsár (Bootes); 16. Északi korona (Corona borealis); 17. Kígyó (Serpens); 18. Kígyótartó (Ophiuchus); 19. Herkules; 20. Sas (Aquila); 21. Delfin (Delphinus); 22. Pegazus; 23. Halak (Pisces); 24. Kos (Aries); 25. Cet (Cetus); 26. Bika (Taurus); 27. Ikrek (Gemini).

Bolygók

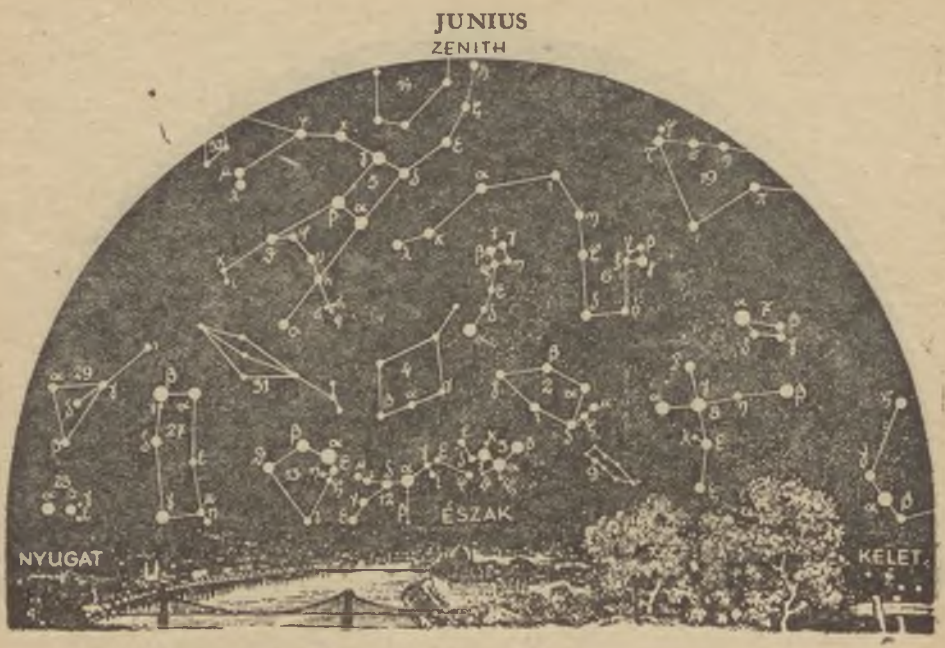
Merkur előretartó mozgást végez 9-ig a Pisces, 19-ig az Aries és utána a Taurus csillagképekben. A hó utolsó napjaiban látható napnyugta után a nyugati égbolton. 24-én 14 órakor felső együttállásban a Nappal. 12-én 10 órakor együttállásban a Holddal, ettől 7°-kal délre. 24-én 22 órakor együttállásban a Jupiterrel, ettől 1°-kal északra. Fázisa 31-én 0.95, fényessége $-1.^{m}4$. — *Vénusz* 4-ig hátráló, utána előretartó mozgást végez a Pisces csillagképben. Mint hajnalcsillag látható napkelte előtt a keleti égbolton. 10-én 20 órakor együttállásban a Holddal ettől 4°-kal délre. 19-én éri el legnagyobb fényességét, amikor $-4.^{m}2$, fázisa ugyanakkor 0.26. — *Mars* előretartó mozgást végez a Taurus csillagképben. A koraesti órákban látható a nyugati égbolton. 14-én 12 órakor együttállásban a Holddal, ettől 4°-kal délre. Fényessége $+1.^{m}6$. — *Jupiter* előretartó mozgást végez a Taurus csillagképben. A hó első napjaiban még látható napnyugtakor a nyugati égbolton. 25-én 5 órakor együttállásban a Nappal. 13-án, 23 órakor együttállásban a Holddal, ettől 5°-kal délre. Fényessége $-1.^{m}5$. — *Szaturnusz* hátráló mozgást végez a Virgo csillag-

10. ábra. A csillagos ég déli fele május hó 1-én Magyarországon, 21 órakor

28. Kis kutya (Canis minor); 29. Rák (Cancer); 30. Vizi kígyó (Hydra); 31. Hiúz (Lynx); 32. Kis oroszlán (Leo minor); 33. Oroszlán (Leo); 34. Berenice haja (Coma Berenices); 35. Sextans; 36. Szűz (Virgo); 37. Mérleg (Libra); 38. Skorpió (Scorpius); 39. Nyilas (Sagittarius); 40. Bak (Capricornus); 41. Vízöntő (Aquarius); 42. Eridanus folyó (Eridanus); 43. Kaszás (Orion); 44. Egyszarvú (Monoceros); 45. Nyúl (Lepus); 46. Nagy kutya (Canis major); 47. Serleg (Crater); 48. Holló (Corvus); 49. Farkas (Lupus); 50. Déli hal (Piscis austrinus); 51. Galamb (Columba); 52. Puppis; 53. Centaurus.

képben. Hajnalban nyugszik, az egész éj folyamán látható. 25-én 10 órakor együttállásban a Holddal, ettől 8°-kal északra, 31-én 12 órakor a Neptunusz-szal, ettől 1°-kal északra. Fényessége $+0.^{m}7$. — *Uránusz* előretartó mozgást végez a Gemini csillagképben. Az éjfélkörüli órákban nyugszik és az éjszaka első felében látható a nyugati égbolton. 17-én 5 órakor együttállásban a Holddal ettől 1°-kal délre. — *Neptunusz* hátráló mozgást végez a Virgo csillagképben, éjfél után kb. 3 órával nyugszik és az éjszaka első felében látható. 25-én 10 órakor együttállásban a Holddal, ettől 8°-kal északra.

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



11. ábra. A csillagos ég északi fele június hó 1-én Magyarországon, 21 órakor

1. Kis Göncöl-szekér (Ursa minor); 2. Cepheus; 3. Cassiopeia; 4. Zsiráf (Camelopardalis); 5. Nagy Göncöl-szekere (Ursa major); 6. Sárkány (Draco); 7. Lant (Lyra); 8. Hattyú (Cygnus); 9. Gyík (Lacerta); 10. Andromeda; 11. Háromszög (Triangulum); 12. Perseus; 13. Szekeres (Auriga); 14. Vadászebek (Canes Venitici); 15. Ökörhajcsár (Bootes); 16. Északi korona (Corona borealis); 17. Kígyó (Serpens); 18. Kígyótartó (Ophiuchus); 19. Herkules; 20. Sas (Aquila); 21. Delfin (Delphinus); 22. Pegazus; 23. Halak (Pisces); 24. Kos (Aries); 25. Cet (Cetus); 26. Bika (Taurus); 27. Ikrek (Gemini).

Bolygók

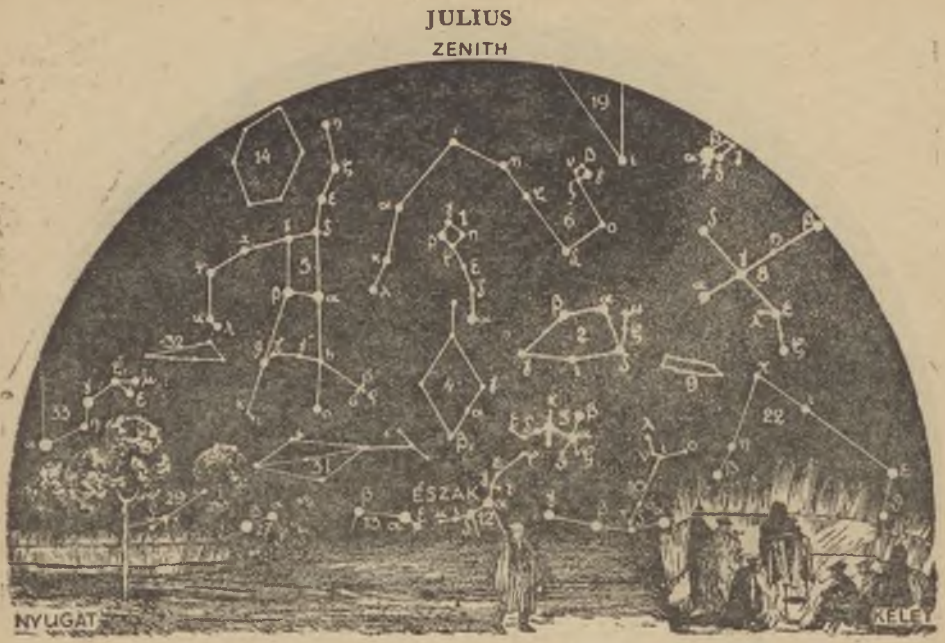
Merkur előretartó mozgást végez, 6-ig a Taurus, 23-ig a Gemini, utána a Cancer csillagképekben. Napnyugta után látható a nyugati égbolton. Az év folyamán a megfigyelésre legkedvezőbb helyzetben, 27-én 19 órakor legnagyobb keleti kitérésben, 26° szögtávolságra a Naptól. 2-án 10 órakor együttállásban a Mars-sal, ettől 1°-kal északra, 13-án 8 órakor a Holddal, ettől 0.1°-kal északra, 16-án 8 órakor az Uránusszal, utóbbitól 1°-kal északra. Fázisa 20-án 0.54, fényessége $+0.^{m}3$. — *Vénusz* előretartó mozgást végez, 2-ig a Pisces, 29-ig az Aries és utána a Taurus csillagképekben. A hajnali órákban látható a keleti égbolton. 22-én 9 órakor legnagyobb nyugati kitérésben 46° szögtávolságra a Naptól. 8-án 9 órakor együttállásban a Holddal ettől 8°-kal délre. Fázisa 15-én 0.46, fényessége $-4.^{m}0$. — *Mars* előretartó mozgást végez 13-ig a Taurus, utána a Gemini csillagképekben. Napnyugtakor látható a nyugati égbolton. 12-én, 7 órakor együttállásban a Holddal, ettől 2°-kal délre. Fényessége $+1.^{m}6$. — *Jupiter* előretartó mozgást végez a Taurus csillagképben. A hó második felében látható napkeltekor a keleti égbolton.

12. ábra. A csillagos ég déli fele június hó 1-én Magyarországon, 21 órakor

28. Kis kutya (Canis minor); 29. Rák (Cancer); 30. Vizi k gyó (Hydra); 31. Hiúz (Lynx); 32. Kis oroszlán (Leo minor); 33. Oroszlán (Leo); 34. Berenice haja (Coma Berenices); 35. Sextans; 36. Szűz (Virgo); 37. Mérleg (Libra); 38. Skorpió (Scorpius); 39. Nyilas (Sagittarius); 40. Bak (Capricornus); 41. Vízöntő (Aquarius); 42. Eridanus folyó (Eridanus); 43. Kaszás (Orion); 44. Egyszarvú (Monoceros); 45. Nyúl (Lepus); 46. Nagy kutya (Canis major); 47. Serleg (Crater); 48. Holló (Corvus); 49. Farkas (Lupus); 50. Déli hal (Piscis austrinus); 51. Galamb (Columba); 52. Puppis; 53. Centaurus.

10-én 19 órakor együttállásban a Holddal, ettől 5°-kal délre. Fényessége $-1.^m5$. — *Szaturnusz* 23-ig hátráló, utána előretartó mozgást végez a Virgo csillagképben. Éjfél után nyugszik s az éjszaka első felében látható. 21-én 17 órakor együttállásban a Holddal, ettől 8°-kal északra. Fényessége $+0.^m8$. — *Uránusz* előretartó mozgást végez a Gemini csillagképben. Az esti órákban látható a nyugati égbolton. 13-án 7 órakor együttállásban a Holddal ettől 1°-kal délre. — *Neptunusz* 3-ig hátráló, utána előretartó mozgást végez a Virgo csillagképben. 21-én 17 órakor együttállásban a Holddal, ettől 7°-kal északra.

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



13. ábra. A csillagos ég északi fele július hó 1-én Magyarországon, 21 órakor

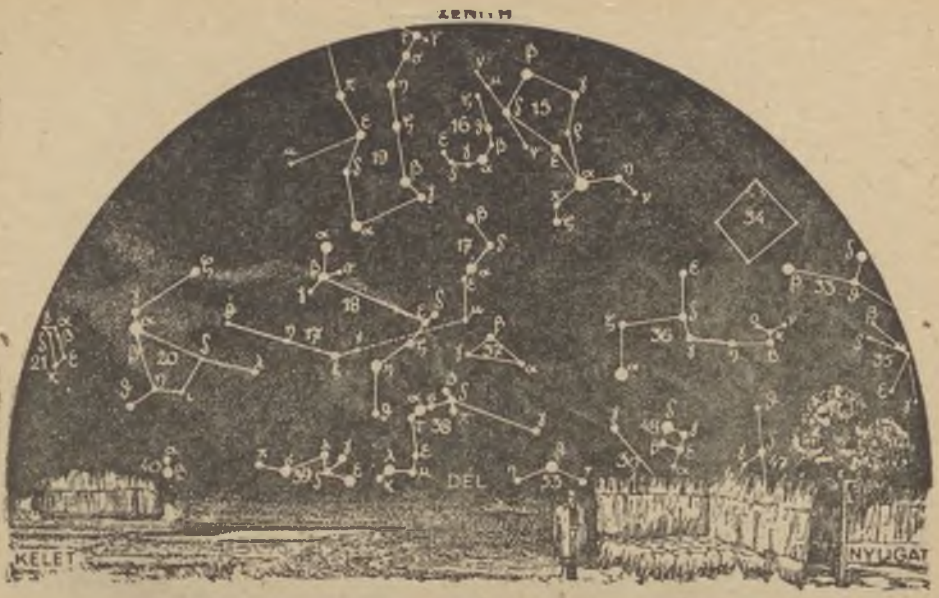
1. Kis Göncöl-szekér (Ursa minor); 2. Cepheus; 3. Cassiopeia; 4. Zsiráf (Camelopardalis); 5. Nagy Göncöl-szekere (Ursa major); 6. Sárkány (Draco); 7. Lant (Lyra); 8. Hattyú (Cygnus); 9. Gyík (Lacerta); 10. Andromeda; 11. Háromszög (Triangulum); 12. Perseus; 13. Szekeres (Auriga); 14. Vadászebek (Canes Venitici); 15. Ökörhajcsár (Bootes); 16. Északi korona (Corona borealis); 17. Kígyó (Serpens); 18. Kígyótartó (Ophiuchus); 19. Herkules; 20. Sas (Aquila); 21. Delfin (Delphinus); 22. Pegazus; 23. Halak (Pisces); 24. Kos (Aries); 25. Cet (Cetus); 26. Bika (Taurus); 27. Ikrek (Gemini).

Részleges napfogyatkozás 11-én, nálunk nem figyelhető meg. A fogyatkozás látható az északi Jeges-tenger és az Atlanti-óceán északi részein, Grönlandban és Észak-Amerika északi részeiben.

Teljes holdfogyatkozás 26-án, nálunk nem figyelhető meg. A fogyatkozás látható Észak- és Dél-Amerikában, a Csendes-óceánon, a déli Jeges-tengeren, Ausztráliában, Kelet- és Közép-Ázsiában és az Indiai-óceánon.

Bolygók

Merkur 11-ig előretartó, utána hátráló mozgást végez a Gemini csillagképben. A hó első napjaiban látható napnyugtakor a nyugati égbolton. 25-én 10 órakor alsó együttállásban a Nappal. 12-én 16 órakor együttállásban a Holddal, ettől 3°-kal délre. Fázisa 5-én 0.27 fényessége $+1.^{m}1$. — *Vénusz* előretartó mozgást végez a Taurus csillagképben. A hajnali órákban látható a keleti égbolton. 7-én 14 órakor együttállásban a Holddal, ettől 8°-kal délre, 22-én 23 órakor a Jupiterrel ettől 2°-kal délre. 29-én 20 órakor együttállásban ζ Taurival, mely felett 1′ távol-



14. ábra. A csillagos ég déli fele július hó 1-én Magyarországon, 21 órakor

28. Kis kutya (Canis minor); 29. Rák (Cancer); 30. Vizi kígyó (Hydra); 31. Hiúz (Lynx); 32. Kis oroszlán (Leo minor); 33. Oroszlán (Leo); 34. Berenice haja (Coma Berenices); 35. Sextans; 36. Szűz (Virgo); 37. Mérleg (Libra); 38. Skorpió (Scorpius); 39. Nyilas (Sagittarius); 40. Bak (Capricornus); 41. Vízöntő (Aquarius); 42. Eridanus folyó (Eridanus); 43. Kaszás (Orion); 44. Egyszarvú (Monoceros); 45. Nyúl (Lepus); 46. Nagy kutya (Canis major); 47. Serleg (Crater); 48. Holló (Corvus); 49. Farkas (Lupus); 50. Déli hal (Piscis austrinus); 51. Galamb (Columba); 52. Puppis; 53. Centaurus.

ságra halad el. Fázisa 15-én 0.61, fényessége $-3.^m7$. — *Mars* előretartó mozgást végez 26-ig a Gemini, utána a Cancer csillagképekben. A Nap közelsége miatt nem figyelhető meg. 8-án 23 órakor együttállásban a Nappal. — *Jupiter* előretartó mozgást végez a Taurus csillagképben. Éjfél után kel és az éjszaka második felében látható a keleti égbolton. 8-án 12 órakor együttállásban a Holddal, ettől 5°-kal délre. Fényessége $-1.^m6$. — *Szaturnusz* hátráló mozgást végez a Virgo csillagképben. A késő esti órákig látható a nyugati égbolton. 11-én 1 órakor együttállásban a Neptunusz-szal, ettől 1°-kal északra, 19-én 2 órakor a Holddal, ettől 8°-kal északra. Fényessége $+1.^m0$. — *Uránusz* előretartó mozgást végez a Gemini csillagképben. A Nap közelsége miatt nem figyelhető meg. 10-én 11 órakor együttállásban a Nappal. — *Neptunusz* 3-ig hátráló, utána előretartó mozgást végez a Virgo csillagképben. Az esti órákban látható a nyugati égbolton. 19-én 1 órakor együttállásban a Holddal, ettől 7°-kal északra.

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

15. ábra. A csillagos ég északi fele augusztus hó 1-én Magyarországon, 21 órakor

1. Kis Göncöl-szekér (Ursa minor); 2. Cepheus; 3. Cassiopeia; 4. Zsiráf (Camelopardalis); 5. Nagy Göncöl-szekere (Ursa major); 6. Sárkány (Draco); 7. Lant (Lyra); 8. Hattyú (Cygnus); 9. Gyík (Lacerta); 10. Andromeda; 11. Háromszög (Triangulum); 12. Perseus; 13. Szekeres (Auriga); 14. Vadászebek (Canes Venitici); 15. Ökörhajcsár (Bootes); 16. Északi korona (Corona borealis); 17. Kígyó (Serpens); 18. Kígyótartó (Ophiuchus); 19. Herkules; 20. Sas (Aquila); 21. Delfin (Delphinus); 22. Pegazus; 23. Halak (Hísces); 24. Kos (Aries); 25. Cet (Cetus); 26. Bika (Taurus); 27. Ikrek (Gemini).

Részleges napfogyatkozás 9-én, nálunk nem figyelhető meg. A fogyatkozás látható a Csendes-óceán délkeleti, Dél-Amerika legdélibb és a déli Jeges-tenger vele határos részeiben.

Bolygók

Merkur hátráló mozgást végez 2-ig a Cancer, utána pedig a Gemini csillagképekben. 4-én stacionárius, utána előretartó mozgást vesz fel és 7-én átlép a Cancer, 24-én a Leo csillagképekbe. A hó első napjaiban kezd látszani a hajnali szürkületben, a keleti égbolton. Legnagyobb nyugati kitérésben 13-án 13 órakor, 19° szögtávolságra a Naptól. 8-án 3 órakor együttállásban a Holddal, ettől 3°-kal délre, 23-án 15 órakor a Marssal, utóbbitól 0.°1-kal délre. Fázisa 14-én 0.43, fényessége $+0.^{m}1$. — *Vénusz* előretartó mozgást végez 4-ig a Taurus, 28-ig a Gemini és utána a Cancer csillagképekben. A hajnali órákban látható a keleti égbolton. 6-án 3 órakor együttállásban a Holddal, ettől 5°-kal délre, 22-én 18 órakor az Uránusszal, utóbbitól 1°-kal délre. Fázisa 14-én 0.72, fényessége $-3.^{m}5$. — *Mars* előretartó mozgást végez 25-ig a Cancer, utána a Leo csillagképekben.

16. ábra. A csillagos ég déli fele augusztus hó 1-én Magyarországon, 21 órakor

28. Kis kutya (Canis minor); 29. Rák (Cancer); 30. Vizi kígyó (Hydra); 31. Hiúz (Lynx); 32. Kis oroszlán (Leo minor); 33. Oroszlán (Leo); 34. Berenice haja (Coma Berenices); 35. Sextans; 36. Szűz (Virgo); 37. Mérleg (Libra); 38. Skorpió (Scorpius); 39. Nyilas (Sagittarius); 40. Bak (Capricornus); 41. Vízöntő (Aquarius); 42. Eridanus folyó (Eridanus); 43. Kaszás (Orion); 44. Egyszarvú (Monoceros); 45. Nyúl (Lepus); 46. Nagy kutya (Canis major); 47. Serleg (Crater); 48. Holló (Corvus); 49. Farkas (Lupus); 50. Déli hal (Piscis austrinus); 51. Galamb (Columba); 52. Puppis; 53 Centaurus.

A hajnali szürkületben látható a keleti égbolton. 8-án 22 órakor együttállásban a Holddal, ettől 1°-kal északra. Fényessége +1.^{m}6. — *Jupiter* előretartó mozgást végez a Taurus csillagképben. Az éjszaka második felében látható a keleti égbolton. 5-én 4 órakor együttállásban a Holddal, ettől 4°-kal délre. Fényessége —1.^{m}8. — *Szaturnusz* előretartó mozgást végez a Virgo csillagképben. Az esti órákban látható a nyugati égbolton. 15-én 12 órakor együttállásban a Holddal, ettől 8°-kal északra. Fényessége +1.^{m}0. — *Uránusz* előretartó mozgást végez a Gemini csillagképben. A hajnali órákban látható a keleti égbolton. 7-én 13 órakor együttállásban a Holddal, ettől 1°-kal délre. — *Neptunusz* előretartó mozgást végez a Virgo csillagképben. A koraesti órákban látható a nyugati égbolton. 15-én 9 órakor együttállásban a Holddal, ettől 7°-kal északra.

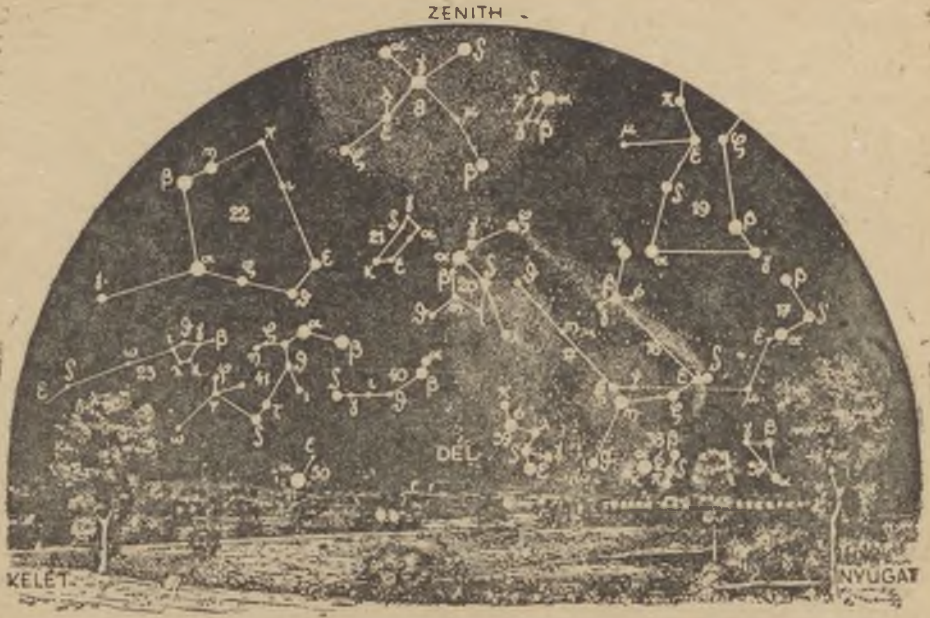
Hullócsillagok. 9-én megy át a Föld a Perseidák legsűrűbb részén, melyek 20-ig láthatók.

17. ábra. A csillagos ég északi fele szeptember hó 1-én Magyarországon, 21 órakor

1. Kis Göncöl-szekér (Ursa minor); 2. Cepheus; 3. Cassiopeia; 4. Zsiráf (Camelopardalis); 5. Nagy Göncöl szekere (Ursa major); 6. Sárkány (Draco); 7. Lant (Lyra); 8. Hattyú (Cygnus); 9. Gyík (Lacerta); 10. Andromédá; 11. Háromszög (Triangulum); 12. Perseus; 13. Szekeres (Auriga); 14. Vadászebek (Canes Venitici); 15. Ökörhajcsár (Bootes); 16. Északi korona (Corona borealis); 17. Kígyó (Serpens); 18. Kígyótartó (Ophiuchus); 19. Herkules; 20. Sas (Aquila); 21. Delfin (Delphinus); 22. Pegazus; 23. Halak (Pisces); 24. Kos (Aries); 25. Cet (Cetus); 26. Bika (Taurus); 27. Ikrek (Gemini).

Bolygók

Merkur előretartó mozgást végez a Leo, utána pedig a Virgo csillagképekben. A hó utolsó napjaiban látható napnyugtakor a nyugati égbolton. 7-én 10 órakor felső együttállásban a Nappal. 8-án 16 órakor együttállásban a Holddal, ettől 6°-kal északra, 30-án 15 órakor a Neptunuszszal, utóbbitól 2°-kal délre. Fázisa 28-án 0.90, fényessége $-0.^m3$. — *Vénusz* előretartó mozgást végez, 14-ig a Cancer, utána a Leo csillagképekben. A hajnali órákban látható a keleti égbolton. 5-én 4 órakor együttállásban a Holddal, ettől 0.°3-kal északra. 23-án 10 órakor a Regulusszal (α Leonis), ettől 0.°4-kal délre. Fázisa 13-án 0.82, fényessége $-3.^m4$. — *Mars* előretartó mozgást végez a Leo csillagképben. A hajnali órákban látható a keleti égbolton. 6-án 18 órakor együttállásban a Holddal, ettől 3°-kal északra. Fényessége $+1.^m7$. — *Jupiter* előretartó mozgást végez a Taurus csillagképben. Az esti órákban kel, az egész éj folyamán látható. 1-én 17 órakor és 29-én 4 órakor együttállásban a Holddal, mindkét esetben utóbbitól 2°-kal délre. Fényessége $-1.^m9$. — *Szaturnusz* előretartó mozgást végez a Virgo csillagképben. Az esti szürkületben látható a nyugati

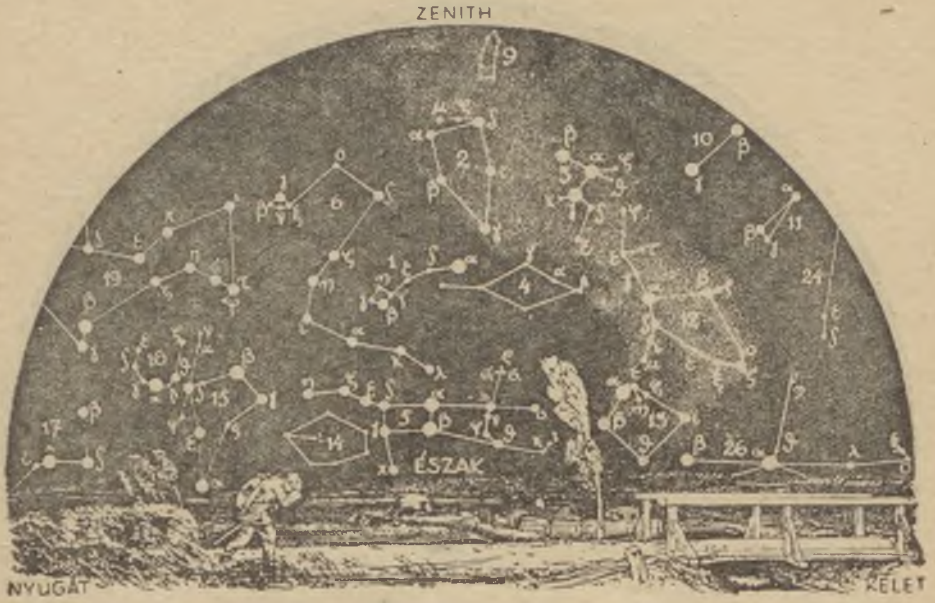


18. ábra. A csillagos ég déli fele szeptember hó 1-én Magyarországon, 21 órakor

28. Kis kutya (Canis minor); 29. Rák (Cancer); 30. Vizi kígyó (Hydra); 31. Hiúz (Lynx); 32. Kis oroszlán (Leo minor); 33. Oroszlán (Leo); 34. Berenice haja (Coma Berenices); 35. Sextans; 36. Szűz (Virgo); 37. Mérleg (Libra); 38. Skorpió (Scorpius); 39. Nyilas (Sagittarius); 40. Bak (Capricornus); 41. Vízöntő (Aquarius); 42. Eridanus folyó (Eridanus); 43. Kaszás (Orion); 44. Egyszarvú (Monoceros); 45. Nyúl (Lepus); 46. Nagy kutya (Canis major); 47. Serleg (Crater); 48. Holló (Corvus); 49. Farkas (Lupus); 50. Déli hal (Piscis austrinus); 51. Galamb (Columba); 52. Puppis; 53. Centaurus.

égbolton. 11-én 23 órakor együttállásban a Holddal, ettől 8°-kal északra. Fényessége +1.^{m}0. — *Uránusz* előretartó mozgást végez a Gemini csillagképben. Éjfél körül kel és az éjszaka második felében látható a keleti égbolton. 3-án 22 órakor együttállásban a Holddal, ettől 0.°6-kal délre. — *Neptunusz* előretartó mozgást végez a Virgo csillagképben. A Nap közelsége miatt már nem figyelhető meg.

Hullócsillagok. 7-től 15-ig a Perseidák.



19. ábra. A csillagos ég északi fele október hó 1-én Magyarországon, 21 órakor

1. Kis Göncöl-szekér (Ursa minor); 2. Cepheus; 3. Cassiopeia; 4. Zsiráf (Camelopardalis); 5. Nagy Göncöl-szekere (Ursa maior); 6. Sárkány (Draco); 7. Lant (Lyra); 8. Hattyú (Cygnus); 9. Gyík (Lacerta); 10. Andromeda; 11. Háromszög (Triangulum); 12. Perseus, 13. Szekeres (Auriga); 14. Vadászebek (Canes Venitici); 15. Ökörhajcsár (Bootes); 16. Északi korona (Corona borealis); 17. Kígyó (Serpens); 18. Kígyótartó (Ophiuchus); 19. Herkules; 20. Sas (Aquila); 21. Delfin (Delphinus); 22. Pegazus; 23. Halak (Pisces); 24. Kos (Aries); 25. Cet (Cetus) 26. Bika (Taurus); 27. Ikrek (Gemini).

Bolygók

Merkur előretartó mozgást végez 10-ig a Virgo, 29-ig a Libra, utána a Scorpio csillagképekben. A hó folyamán az esti szürkületben látható a délnyugati égbolton. 23-án 15 órakor legnagyobb keleti kitérésben 24° szögtávolságra a Naptól. 4-én 2 órakor együttállásban a Szaturnusszal, ettől 4°-kal délre, 10-én 2 órakor a Holddal, ettől 3°-kal északra. Fázisa 23-án 0.64, fényessége $+0.^{m}1$. — *Vénusz* előretartó mozgást végez 12-ig a Leo, utána a Virgo csillagképekben. A hajnali órákban látható a keleti égbolton, 4-én 7 órakor együttállásban a Marssal, ettől 2′-el délre. 5-én 16 órakor a Holddal, utóbbitól 5°-kal északra. Fázisa 13-án 0.89, fényessége $-3.^{m}4$. — *Mars* előretartó mozgást végez 20-ig a Leo, utána a Virgo csillagképekben. A hajnali órákban látható a keleti égbolton. 5- n 14 órakor együttállásban a Holddal, ettől 5°-kal északra. Fényessége $+1.^{m}8$. — *Jupiter* 15-ig előretartó, utána hátráló mozgást végez a Taurus csillagképben. Az esti órákban kel és az egész éj folyam n látható. 26-án 13 órakor együtt. llásban a Holddal, ettől 3°-kal délre. Fényessége $-2.^{m}1$. — *Szaturnusz* előretartó mozgást végez a Virgo csillagképben. A Nap közel-

20. ábra. A csillagos ég déli fele október hó 1-én Magyarországon, 21 órakor

28. Kis kutya (Canis minor); 29. Rák (Cancer); 30. Vizi kígyó (Hydra); 31. Hiúz (Lynx); 32. Kis oroszlán (Leo minor); 33. Oroszlán (Leo); 34. Berenice haja (Coma Berenices); 35. Sextans; 36. Szűz (Virgo); 37. Mérleg (Libra); 38. Skorpió (Scorpius); 39. Nyilas (Sagittarius); 40. Bak (Capricornus); 41. Vízöntő (Aquarius); 42. Eridanus folyó (Eridanus); 43. Kaszás (Orion); 44. Egyszarvú (Monoceros); 45. Nyúl (Lepus); 46. Nagy kutya (Canis major); 47. Serleg (Crater); 48. Holló (Corvus); 49. Farkas (Lupus); 50. Déli hal (Piscis austrinus); 51. Galamb (Columba); 52. Puppis; 53. Centaurus.

sége miatt nem figyelhető meg. 23-án 22 órakor együttállásban a Nappal. — *Uránusz* 29-ig előretartó, utána hátráló mozgást végez a Gemini csillagképben. Az esti órákban kel és az egész éj folyamán látható. 1-én 6 órakor és 28-án 14 órakor együttállásban a Holddal, az első esetben ettől 0.°3-kal délre, utóbb pedig 2′-cel északra. — *Neptunusz* előretartó mozgást végez a Virgo csillagképben. A Nap közelsége miatt nem figyelhető meg. 17-én 8 órakor együttállásban a Nappal.

Hullócsillagok. 2-án a Quadrantidák; 9-én a Draconidák; 12-étől 23-ig az Arietidák, nagyon lassúak és fényesek; 18-tól 20-ig az Orionidák, gyorsak, maradandó nyommal; 30-tól a Tauridák.

21. ábra. A csillagos ég északi fele november hó 1-én Magyarországon, 21 órakor

1. Kis Göncöl-szekér (Ursa minor); 2. Cepheus; 3. Cassiopeia; 4. Zsiraf (Camelopardalis); 5. Nagy Göncöl-szekere (Ursa major); 6. Sárkány (Draco); 7. Lant (Lyra); 8. Hattyú (Cygnus); 9. Gyík (Lacerta); 10. Andromeda; 11. Háromszög (Triangulum); 12. Perseus; 13. Szekeres (Auriga); 14. Vadászebek (Canes Venitici); 15. Ökörhajcsár (Bootes); 16. Északi korona (Corona borealis); 17. Kígyó (Serpens); 18. Kígyótartó (Ophiuchus); 19. Herkules; 20. Sas (Aquila); 21. Delfin (Delphinus); 22. Pegazus; 23. Halak (Pisces); 24. Kos (Aries); 25. Cet (Cetus); 26. Bika (Taurus); 27. Ikrek (Gemini).

Bolygók

Merkur 3-ig előretartó, utána hátráló mozgást végezve, a Scorpio csillagképből 9-én a Libra csillagképbe lép át, ahol 25-én újból előretartó mozgást vesz fel. A hó utolsó napjaiban látható napkeltekor a keleti égbolton. 14-én 18 órakor alsó együttállásban a Nappal. Ez alkalommal áthalad a napkorong előtt is. Nálunk azonban nem figyelhető meg. Az átmenet látható Nyugat-Európában és Afrikában (csak részben), Észak- és Dél-Amerika, az Atlanti-óceán, Csendes-óceán és déli Jeges-tenger vidékeiről. — *Vénusz* előretartó mozgást végez 18-ig a Virgo, utána a Libra csillagképekben. A hajnali órákban látható a keleti égbolton. 5-én 4 órakor együttállásban a Holddal, ettől 7°-kal északra, 7-én 8 órakor a Neptunuszszal, utóbbitól 0.°1-kal délre. Fázisa 15-én 0.95, fényessége $-3.^{m}4$. — *Mars* előretartó mozgást végez a Virgo csillagképben. A hajnali órákban látható a keleti égbolton. 5-én 14 órakor együttállásban a Holddal, ettől 5°-kal északra. Fényessége $+1.^{m}9$. — *Jupiter* hátráló mozgást végez a Taurus csillagképben. Napnyugta után kel és az egész éj folyamán látható. 22-én 20 órakor együttállásban a Holddal, ettől 3°-kal

22. ábra. A csillagos ég déli fele november hó 1-én Magyarországon, 21 órakor

28. Kis kutya (Canis minor); 29. Rák (Cancer); 30. Vizi kígyó (Hydra); 31. Hiúz (Lynx); 32. Kis oroszlán (Leo minor); 33. Oroszlán (Leo); 34. Berenice haja (Coma Berenices); 35. Sextans; 36. Szűz (Virgo); 37. Mérleg (Libar); 38. Skorpió (Scorpius); 39. Nyilas (Sagittarius); 40. Bak (Capricornus); 41. Vízöntő (Aquarius); 42. Eridanus folyó (Eridanus; 43. Kaszás (Orion); 44. Egyszarvú (Monoceros); 45. Nyúl (Lepus); 46. Nagy kutya (Canis major); 47. Serleg (Crater; 48. Holló (Corvus); 49. Farkas (Lupus); 50. Déli hal (Piscis austrinus); 51. Galamb (Columba); 52. Puppis; 53. Centaurus.

délre. Fényessége $-2.^m3$. — *Szaturnusz* előretartó mozgást végez a Virgo csillagképben. A hó második felében kezd látszani a hajnali szürkületben a keleti égbolton. 6-án 0 órakor együttállásban a Holddal, ettől 8°-kal északra. Fényessége $+0.^m8$. — *Uránusz* hátráló mozgást végez a Gemini csillagképben. Az esti órákban kel és az egész éj folyamán látható. 24-én 22 órakor együttállásban a Holddal, ettől 0.°3-kal északra. — *Neptunusz* előretartó mozgást végez a Virgo csillagképben. A hó második felében kezd látszani a hajnali szürkületben a keleti égbolton.

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

23. ábra. A csillagos ég északi fele december hó 1-én Magyarországon, 21 órakor

1. Kis Göncöl-szekér (Ursa minor); 2. Cepheus; 3. Cassiopeia; 4. Zsiráf (Camelopardalis); 5. Nagy Göncöl-szekere (Ursa major); 6. Sárkány (Draco); 7. Lant (Lyra); 8. Hattyú (Cygnus); 9. Gyík (Lacerta); 10. Andromeda; 11. Háromszög (Triangulum); 12. Perseus; 13. Szekeres (Auriga); 14. Vadászebek (Canes Venitici); 15. Ökörhajcsár (Bootes); 16. Északi korona (Corona borealis); 17. Kígyó (Serpens); 18. Kígyótartó (Ophiuchus); 19. Herkules; 20. Sas (Aquila); 21. Delfin (Delphinus); 22. Pegazus; 23. Halak (Pisces); 24. Kos (Aries); 25. Cet (Cetus); 26. Bika (Taurus); 27. Ikrek (Gemini)

Bolygók

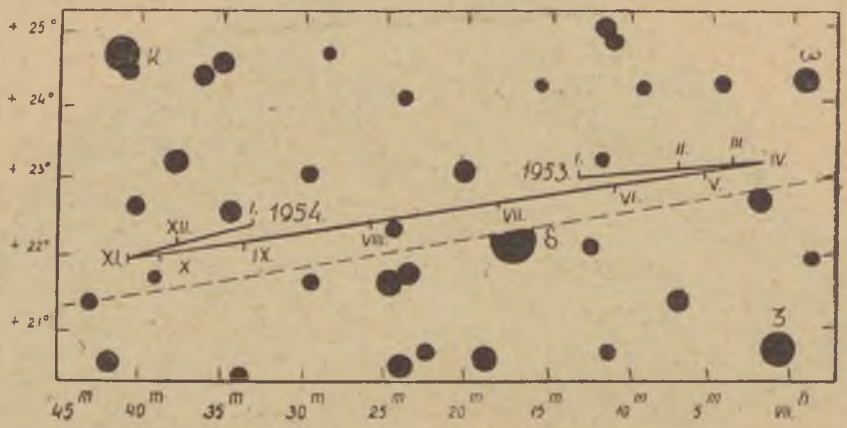
Merkur előretartó mozgást végez 11-ig a Libra, 14-ig a Scorpio, 28-ig az Ophiucus és utána a Sagittarius csillagképekben. A hónap első felében látható a hajnali szürkületben a keleti égbolton. 1-én 23 órakor legnagyobb nyugati kitérésben 20° szögtávolságra a Naptól. 4-én 22 órakor együttállásban a Holddal, ettől 7°-kal északra. 12-én 10 órakor a β Scorpiival, utóbbitól 0.2°-al délre. Fázisa 2-án 0.62, fényessége $-0.^m3$. — *Vénusz* előretartó mozgást végez 7-ig a Libra, 11-ig a Scorpio, 27-ig az Ophiucus és utána a Sagittarius csillagképekben. A hó első felében látható napkelte előtt a délkeleti égbolton. 5-én 11 órakor együttállásban a Holddal, ettől 5°-kal északra és 7-én 19 órakor a β Scorpiival, utóbbitól 0.2°-al északra. Fázisa 2-án 0.97, fényessége $-3.^m4$. — *Mars* előretartó mozgást végez a Virgo csillagképben. A hajnali órákban látható a délkeleti égbolton. 2-án 4 órakor és 31-én 0 órakor együttállásban a Holddal, utóbbitól mindkét esetben 7°-kal északra. 13-án 19 órakor együttállásban a Neptunusz-szal, ettől 0.5°-al délre. Fényessége $+1.^m7$. — *Jupiter* hátráló mozgást végez a Tauri csillagképben. Az éj folyamán látható, 13-án

24. ábra. A csillagos ég déli fele december hó 1-én Magyarországon, 21 órakor

28. Kis kutya (Canis minor); 29. Rák (Cancer); 30. Vízi kígyó (Hydra); 31. Hiúz (Lynx); 32. Kis oroszlán (Leo minor); 33. Oroszlán (Leo); 34. Berenice haja (Coma Berenices); 35. Sextans; 36. Szűz (Virgo); 37. Mérleg (Libra); 38. Skorpió (Scorpius); 39. Nyilas (Sagittarius); 40. Bak (Capricornus); 41. Vízöntő (Aquarius); 42. Eridanus folyó (Eridanus); 43. Kaszás (Orion); 44. Egyszarvú (Monoceros); 45. Nyúl (Lepus); 46. Nagy kutya (Canis major); 7. Serleg (Crater); 48. Holló (Corvus); 49. Farkas (Lupus); 50. Déli hal (Piscis austrinus); 51. Galamb (Columba); 52. Puppis; 53. Centaurus.

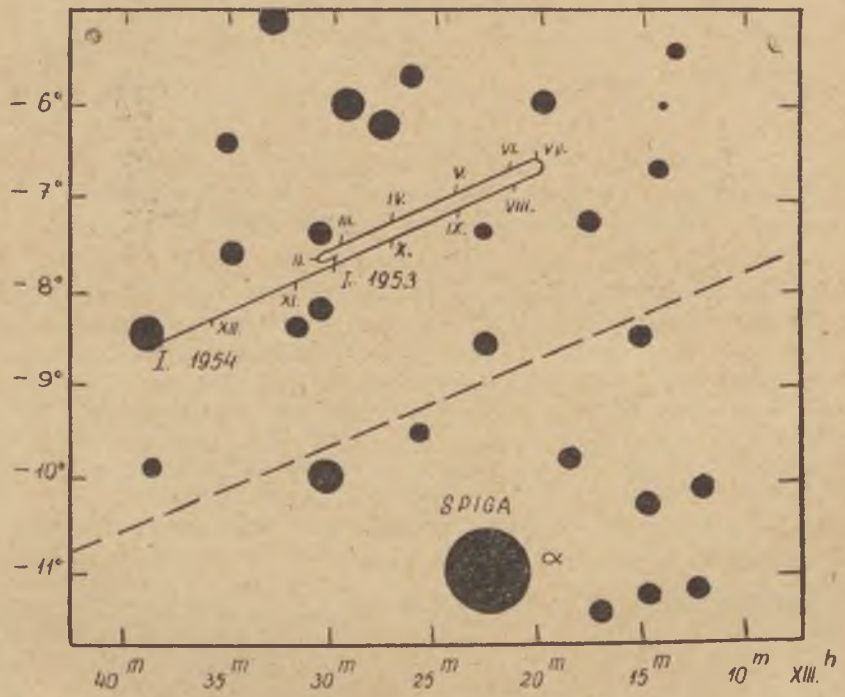
18 órakor szembenállásban a Nappal. 20-án 0 órakor együttállásban a Holddal, ettől 3°-kal délre. Fényessége $-2.^m3$. — *Szaturnusz* előretartó mozgást végez 16-ig a Virgo, utána a Libra csillagképekben. A hajnali órákban látható a délkeleti égbolton. 3-án 12 órakor és 31-én 3 órakor együttállásban a Holddal, utóbbitól 8°-kal északra. Fényessége $+0.^m9$. — *Uránusz* hátráló mozgást végez a Gemini csillagképben. Napnyugta után kel és az egész éj folyamán látható. 22-én 7 órakor együttállásban a Holddal, ettől 0.3°-kal északra. — *Neptunusz* előretartó mozgást végez a Virgo csillagképben. A hajnali órákban látható a délkeleti égbolton. 2-án 18 órakor és 30-án 4 órakor együttállásban a Holddal, ettől mindkét esetben 7°-kal északra.

Hullócsillagok. 10-től 12-ig a Geminidák.



25. ábra. Az Uránusz látszó pályája a Gemini csillagképben, 1953-ra. A római számok a bolygó helyzetét szemléltetik minden hónap 1. napján. A szaggatott vonal az ekliptikát jelzi. Fényessége az oppozició idején (jan. 7.) 5.^{m}8.

NEPTUNUSZ



26. ábra. A Neptunusz látszó pályája a Virgo csillagképben, 1953-ra. Fényessége az oppozició idején (ápr. 12.) 7.^{m}7

PLUTO

Rektaszcenziója az 1953. év folyamán $9^{h}46^{m}$ és $10^{h}03^{m}$ között, deklinációja $+22°17'$ és $+23°36'$ között változik. Fényessége $+15^{m}$.

A BEMUTATÓ CSILLAGDÁK 1952. ÉVI MUNKÁJA

A szocializmus győzelmes felépítése lehetetlen a kultúrforradalom feladatainak megoldása nélkül. Mit jelent a kultúrforradalom? Jelenti azt, mondotta Révai elvtárs... «hogy állandó, szívós és rendszeres harcot kell vívnunk az emberek öntudatában, erkölcseiben, szokásaiban meglévő kapitalista ideológiával és maradványaival...» ...«Jelenti azt, hogy népünk szocialista átnevelése szolgálatába kell állítanunk minden eszközt az iskolát, az agitációt és propagandát, a művészetet, a filmet, az irodalmat, a tömegek kulturális mozgalmának minden formáját...»

A kibontakozó kulturális forradalomnak elengedhetetlen része a természettudományos ismeretterjesztés. Amikor Horváth Márton elvtárs

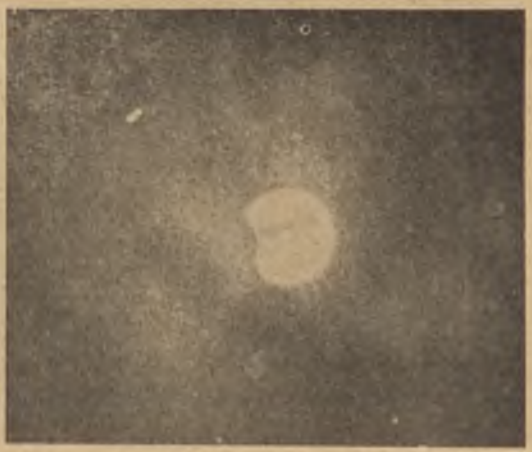
27. ábra. A Magyar Természettudományi Társulat Bemutató Csillagdáinak eloszlása az ország területén

a Magyar Dolgozók Pártja Központi Vezetősége ülésén azt mondotta: hogy «tovább kell szélesíteni az előadásos természettudományos és világnézeti felvilágosító munkát», arra hívta fel figyelmünket, hogy a természettudományos ismeretterjesztés nem öncél, hanem annak a dolgozók maradi gondolkozásának megváltoztatását, a helyes világnézet kialakítását kell szolgálnia.

A budapesti és vidéki bemutató csillagvizsgálók is elsősorban azt a célt szolgálják, hogy a dolgozókat a csillagászat eredményeinek felhasználásával az egyedüli helyes materialista világnézetre neveljék.

Bemutató csillagvizsgálóink az egyre fokozódó követelményeknek csak úgy tudnak eleget tenni, ha szakmailag magasszínvonalú előadásokban leplezik le a klerikális reakció ferdítéseit, a csillagászatban megnyilvánuló idealista próbálkozásokat.

A csillagászat eredményeinek nagy világnézeti hatását az egyház is ismeri. Az egyházi lapok különböző cikkekben és szerkesztői üzenetekben gyakran foglalkoznak csillagászati kérdésekkel és ezekben el akarják hitetni, hogy a Földnek mégis kivételes helyzete van a világmindenségben, hogy van-e élet más bolygókon, azt csak a «szentlélek» segítségével lehet megismerni, a világnak kezdete volt és vége lesz. A népszerűsítő csillagászati előadások kimutatják ezeknek az állításoknak tudománytalan voltát és megmutatják a dolgozóknak, hogy a tudomány eredményei mindenben a dialektikus materializmust igazolják.



28. ábra. Szeberényi Szabolcs (Békéscsaba) felvétele, az 1952. február 25-i részleges napfogyatkozásról.

Hogy a bemutató csillagdák aktívái eredményesen harcolhassanak az ellenséges ideológia megnyilvánulásai ellen, jól kell ismerniök a haladó tudomány cáfolhatatlan igazságait. Szakmai képzettségük emelésében tudósaink támogatják a csillagdák munkatársait.

A csillagászat tudománya terén dolgozó kutatóink is felismerték, hogy a tudomány népszerűsítése a nép, a haza, a szocializmus szolgálata. Mutatja ezt, hogy az állami Akadémiai Csillagvizsgáló Intézet munkatársai, mint a központi csillagászati szakosztály tanácsának tagjai, nagy mértékben segítették és segítik népszerűsítő munkánkat.

Hogy a Szovjetunióban elért tudományos eredményeket és a saját kutatóink tapasztalataikat elmondják népszerűsítő és ismeretterjesztő előadásaikban, mutatja, hogy egyre inkább felismerik a tudományos világnézet döntő jelentőségét, népünk szocialista átnevelésében.

A budapesti Uránia ismeretterjesztő előadássorozatain a Csillagvizsgáló Intézet csaknem minden kutatója tartott előadást. Detre László, a matematikai tudományok doktora, az Intézet vezetője, az üstökösökről, a csillagok fejlődéséről, a Tejútrendszerről tartott előadásaiban ismertette a legújabb kutatások eredményét.

Emellett azzal, hogy személyesen látogatják és állandóan bírálják bemutató csillagvizsgálóink munkáját, nagy segítséget adnak az elméleti és gyakorlati munkához. Dezső Loránt, az Akadémiai Csillagvizsgáló Intézet Napfizikai osztályának vezetője, személyesen látogatta meg miskolci csoportunkat, ahol hasznos tanácsokat napmegfigyelési feladatokat adott az amatőrmegfigyelők számára. Ugyanakkor előadást tartott «A napfizikai kutatás legújabb eredményei» címmel — amely a meghívott üzemi és hivatali dolgozóknak is igen tetszett.

Debreceni helyi csoportunk szervezésében Herczeg Tibor, az Akadémiai Csillagvizsgáló Intézet tudományos kutatója, a «Naprendszer keletkezése» című előadást tartotta meg, ahol az érdeklődő közönség előtt a Naprendszer keletkezéséről újonnan feltárt eredményeket ismertette.

A budapesti Uránia bemutató csillagvizsgálóját az évben többször meglátogatta Izsák Imre, az Intézet aspiránsa is. Szívesen tanította a népszerűsítő fiatalokat az égi mechanika és a matematika ismereteire, s ezzel hozzájárult a népszerűsítő munka megjavításához.

Guman István tudományos kutató a változó csillagok megfigyelésére adott útmutatást a budapesti Uránia munkatársainak.

Előfordult, hogy a budapesti Uránia aktíváinak kisegítő munkáját igénybevette az Akadémiai Csillagvizsgáló Intézet, ami feltétlenül megtiszteltetés volt, de komoly tapasztalatok forrása is lett. Ilyen alkalommal készséges és kimerítő választ kaptak a munkájuk közben felmerülő kérdésekre.

A csillagda munkatársainak továbbképzése az előadásokon és konzultációkon kívül szakköri foglalkozásokon történik. Itt rendszeresen áttanulmányozzák a központi szakosztály által szerkesztett tájékoztatókat, útmutatókat, amelyeket az 1952. évben «A csillagászati szakkörök munkája» — «A parabola tükör optikai vizsgálata» — és «Utmutató csillagászati előadások világnézeti tartalmának az elmélyítéséhez» címmel szerkesztettünk az aktívák továbbképzésére és a propagandamunka megjavítása céljából.

Feldolgozták továbbá az 1952-es csillagászati évkönyv egyes cikkeit, így V. A. Ambarcumján: «Csillagtársulások és a csillagok keletkezése», Detre László: «Az üstökösök fizikája» és Dezső Loránt: «A Nap és földi hatásai» című fejezeteket. Általában havonta egy foglalkozáson elméleti megbeszélés szerepelt, a másik foglalkozáson gyakorlati ismeretek elsajátításával foglalkoztak.

A legszorgalmasabb csoport — a kecskeméti, ahol különösen a Nap szerkezete című anyagot igen helyesen és részletesen beszélték meg, — továbbá a miskolci, ahol a központi szakosztály által leküldött «Szakkörök munkája» c. útmutató szerint dolgoznak az Uránia tagjai.

A bemutató csillagvizsgálókban kezd meghonosodni a továbbképzés olyan formája, amelyben minden szakköri foglalkozásra más-más aktíva készül fel egy bizonyos témából és a csoport tagjai előtt mintaelőadást tart. Előadását megbírálják, kiegészítik a hallgatók és így a jó tapasztalatokat átveszik és a hibákat kijavítják.

Miskolcon és Debrecenben szakosztálytanácsok is működnek, amelyek főleg matematikai és a csillagászati kérdésekben jártas szakemberekből alakultak. Feladatuk szakmai tanácsadás, segítés, ellenőrzés. A havonta összehívott tanácsüléseken a szakosztályvezető beszámol a legutóbbi tanácsülés óta végzett munkáról és a tanács tagjai közlik észrevételeiket. Megbeszélik a következő havi munkatervet, melyet a tanácstagok megbírálnak, kiegészítenek.

Pécsett tartottuk meg 1952 március 1-én és 2-án a csillagászat tudományát népszerűsítők konferenciáját. Az ország területén működő bemutató csillagvizsgálók vezetői és legjobb aktívái vettek részt a megbeszélésen. A konferencia feladata volt a csillagászat ideológiai vonatkozású kérdéseinek, a csillagászat terén az idealista nézetek elleni harc módszereinek a megbeszélése. Ugyanekkor Balogh József, a pécsi csillagda vezetője az Egyetemi Biofizikai Intézetben a színképelemzésről tartott igen tartalmas, kísérleti bemutatásokkal szemléltetett előadást, mely számos elméleti kérdéshez adott gyakorlati segítséget a konferencia tagjai számára.

Az értekezlet második napján tartott munkaértekezleten a csillagdák

vezetői beszámoltak a félév munkája közben elért eredményekről és határozatokat hoztak az elkövetkezendő nyári programm megvalósítására.

A bemutató csillagdák fejlődése számszerű eredményekben is mutatkozik. Az előző évi 34 295 látogatóval szemben az 1952. évben 42 500-an keresték fel az ország bemutató csillagdáit. Ebből a budapesti Urániára 23 000 látogató esik.

A budapesti Uránia az év minden derült estéjén tartott bemutatást. Bár az év első felének esős időjárása erősen éreztette hatását, a látogatók száma ezidőben 30—40%-a volt a tavalyinak, az üzemi dolgozók érdeklődése egyre fokozódik a távcsöves bemutatások iránt. A tavalyi 210 üzemi csoporthoz képest, ez évben 270 üzemi csoport vett részt a bemutatásokon. A bemutatás előtti előadások színvonala a korábban tartott előadásokhoz képest emelkedett. Rendkívül érdekli a dolgozókat Smidt akadémikusnak a Föld kialakulására vonatkozó új elméletéről szóló előadás. A dolgozók közül igen sokan ismerik a már megdöntött Kant—Laplace-féle elméletet, mely szerint a Föld a Napból vált ki és egykor izzó állapotú volt. Először meglepetéssel veszik tudomásul, hogy a Smidt-elmélet szerint Földünk mint hideg bolygó kezdte meg pályafutását, de az előadás utáni viták meggyőzik a hallgatókat a Smidt-elmélet helyességéről.

Az előadások utáni hozzászólások és kérdések alkalmával a látogatók nemcsak részletesebb szakmai magyarázatot kérnek, hanem olyan kérdéseket is feltesznek, melyek arra mutatnak, hogy elmélyednek a csillagászat tényeiből levonható világnézeti következtetésekben is. Sok vita szokott kialakulni a világ végtelenségéről, mert egyesek nehezen tudják elképzelni, hogy sehol sincs határa a világnak. Végül is belátják, hogy azt még nehezebb elképzelni, hogy valahol határa van. Egyik látogató a hozzászólásában előadta, hogy ő most már érti a világmindenség szerkezetét, de szerinte kell lenni valakinek, aki irányítja ennek a sokféle égitestnek a mozgását. Az előadó elengedte a krétát és az leesett a földre. Ezután közösen megvitatták, hogy «ki» irányíthatta a kréta mozgását. A hallgatók belátták, hogy ezt senkisem irányította, hanem a Föld vonzása idézte elő a kréta esését. Az előadó ezután elmagyarázta, hogy ugyanaz a tömegvonzás oka az égitestek keringésének is. A táblán ki is számították, hogy mekkora a Föld vonzóhatása a Hold távolságában és hogyan idézi ez elő a Hold keringését. Nincs egy felsőbbrendű szellemi lény, aki az égitestek mozgását irányítaná. Egy másik hallgató előadta, hogy ő mégsem tudja elképzelni, hogy a világmindenség anyaga csak úgy «magától» keletkezett. Az előadó megnyugtatta, hogy ilyet nem is kell képzelnie, mert a világmindenség anyaga sohasem keletkezett, hanem öröktől fogva létezik.

Az 1952. évben átrendezték a budapesti Uránia csillagászati múzeumát. A kiállított anyagot új képekkel és új feliratos táblákkal és egy korszerű tükrös távcső makettjével egészítették ki. Az átrendezett múzeum

nemcsak tetszetősebb, hanem áttekinthetőbb is. A múzeumhoz kapcsolódik az óragyüjtemény berendezése is, melyet az emeleti vitrinben állítottak ki.

A változó csillag- és Hold-megfigyelő csoport ez évben is rendszeresen végzett megfigyeléseket. Április és május hónapban Bartha Lajos a Vesta kisbolygót fotometrizálta Argelander módszere szerint. Július hónapban egyetlen esetben sikerült fotometrikusan észlelni a Mokos üstököst. Fontos szerepet játszott a Hold megfigyelésénél az augusztus 5-i részleges holdfogyatkozás. Ebben az esetben nem észlelték az Aristarchos kráter fluoreszkálását, amely az eddigi esetekben halvány fénynyel világított. A Hold-megfigyelések a romkráterekre, a síkságok színeződéseire terjedtek ki. Egy alkalommal sikerült igen erős kb. 1200-szoros nagyítással megfigyelni Triesnacher kráter környékén és az Aristarchos kráter mellett a rianásokat, valamint a Nagy Fal nevű hegyalakulat árnyékjelenségeit.

A mult évi évkönyvünkben beszámoltunk arról, hogy újabb vidéki csoportok kapcsolódtak be munkánkba, Szombathely, Pécs, Kecskemét, Szeged és Kalocsa városokban. Egy év leforgása alatt igen szép fejlődést értek el ezek a csoportok.

Szombathelyen 1951. december 21-én, Sztálin elvtárs születésnapján megtörtént a kupolaavató ünnepély és azóta több mint 3000 üzemi dolgozó, tanuló és egyéni látogató vett részt előadáson és bemutatásokon. Számos iskolás csoport keresi fel naponta az Urániát a kupola és a műszerek megtekintése céljából is.

Szombathelyi csoportunk betölti feladatát a dolgozók világnézeti nevelésében. Az előadások nyomán sok dolgozóban szűnt meg a titokzatosság és félelem az égbolt jelenségeivel kapcsolatban, mely félelmet az idealista világszemlélet tudatosan hintett el soraikban az elmult rendszerben.

A klerikális reakció gyakran próbálta akadályozni a csillagda munkáját. A február 25-i részleges napfogyatkozás alkalmával a szombathelyi csoportunk tartalmas cikket irt a helyi sajtóba, amelyben ismertette a napfogyatkozás törvényszerűségeit és leleplezte a klerikális reakciónak a napfogyatkozásról terjesztett félrevezető hireszteléseit. Ekkor a székesegyházi pap hazug módon azt prédikálta, hogy a szombathelyi csoport tagjai üldözik az egyházat. Egy külső előadás alkalmával Gérce községben megfenyegették az előadót, hogy a pokolba jut, mert a Föld kialakulásáról szóló előadásban tudományosan megcáfolta a bibliai teremtéslegendát.

Pécsi ismeretterjesztő csoportunkat is számos tanulnivágyó dolgozó kereste fel. Az év folyamán több mint 2000-en vettek részt bemutatá-

son, ahol leginkább a Hold, a Szaturnusz és a Mars állt az érdeklődés központjában.

A többi, régebben alakult csoportunk is fejlődést mutat a természettudományos propagandamunka terén. Azonban több gondot kellene fordítaniuk a belső tartalmi felkészülésre. Így pl. kecskeméti csoportunk szervező munkája igen jó, a tagok foglalkoznak a megyében lévő még két bemutató csillagvizsgáló felfejlesztésével is, azonban nem tudták elérni, hogy a szakköröket gyakorlati munkával is foglalkoztassák — hogy az amatőrcsillagászokat felkutassák és azok részére rendszeres foglalkozást biztosítsanak.

A szegedi csillagda életében az év folyamán nevezetesebb eseményeknek a csillagda fejlesztése során elért eredmények tekinthetők.

Távcsövük óraművet kapott, ami a csoportos bemutatásokat nagy mértékben megkönnyítette. Elkészült továbbá a Nap megfigyeléséhez szükséges fénycsökkentő prizma és fókusznyújtó előtétlencse. A távcső pontos egyensúlyozásához tolósúlyt szereltek fel, bevezették a villanyvilágítást a távcsővédő házikóba.

Berendezkedtek a tükör házilag történő ezüstözésére is.

A bemutató csillagvizsgáló működése felé egyre nagyobb mértékben irányul a dolgozók figyelme. Így pl. a Szegedi Bőripari Szövetkezet dolgozói megvitatják az elhangzott előadások anyagát és ezek a viták egyre szélesebb mértékben ébresztik fel és irányítják a dolgozókat a természetnek és a világmindenségnek babonától és a vallási nézetektől mentes materialista megismerése felé.

Ugrásszerű fejlődést jelentett a debreceni Uránia életében, hogy megfogadták a központi szakosztály tanácsait és a kissé szétfolyó munkát tervszerű, kollektív munka váltotta fel, amely a gyümölcsét is meghozta. Jó munkájuk folytán több mint 2500 dolgozó tekintette meg a csillagos ég látnivalóit a 20 cm-es refraktor segítségével. A bemutatások előtti tájékoztató előadásokon számos kérdésükre kaptak választ az érdeklődő látogatók.

Az Urániák iránt megnyilvánuló nagy érdeklődés szükségessé tette, hogy 1952-ben újabbakat létesítsünk. Miskolcon Szabó Gyula tanár kezdeményezésére 15 aktívával és számos pártoló taggal az év elején új csillagdát szerveztünk. Megalakulása óta 72 bemutatáson kb. 2700 látogató vett részt.

A bemutatásokra való felkészülés mellett komoly szakköri munka van kifejlődőben. Öt aktívának már sajátkészítésű távcsöve van. A dolgozók közül is egyre többen kapcsolódnak be mind a csillagda, mind a szakosztály munkájába. Pl. Varga Pál magakészítette 17 cm-es tükrös távcsövével a szakosztályi titkár irányítása mellett önálló bemutatásokat

végez, vagy Okos Bertalan, aki magakészítette távcsővel csillagászati fényképfelvételeket készít.

A Természettudományi Társulat békéscsabai csoportjának csillagászati szakosztálya 1952 nyár eleje óta működik. Hidasi Lajos tanár mellett több diák és több üzemi dolgozó tagja van a csillagdának. A 10 cm-es refraktoron jól szemlélhető a Szaturnusz, a Mars és a Hold felületének kisebb részleteit is meg lehet figyelni. A látogatók száma havonta emelkedik. A csoportnak a továbbképzésben alaposabban kell venni a részét.

29. ábra. A kiskunfélegyházai Csillagda 11,5 cm-es refraktora

Kiskunfélegyházán a Petőfi Sándor Általánosiskola pedagógusainak kezdeményezésére júniusban alakult meg a csillagász csoport a Társulattól kapott 11.5 cm-es refraktorral. A csoport lelkes tagjai rendszeres továbbképzés mellett, a csillagda elhelyezésével foglalkoznak. Találtak is megfelelő helyet a Járásbíróság tetején, amelyet társadalmi munkával hoznak helyre, s október 1-én a dolgozók világnézeti nevelésének szolgálatába állítanak.

Nagy eseményt jelentett szakosztályi életünkben, hogy Egerben 1952 augusztus 1-én felállítottuk az egykori kalocsai papi csillagda 20 cm-es

30. ábra. Az egri Pedagógiai Főiskola tornya, ahol a Bemutató Csillagda van

Merz-gyártmányú lencsés távcsövét. Az egri városi tanács felismerte a természettudományos propaganda e fontos szervének szükségességét és 5000 Ft-tal járult a távcsővédő házikó csináltatásához.

Az egri csoport lelkesen kezdett hozzá a munkához. A tömegekkel faliujságokon, ujságcikkeken és a hangos híradón keresztül is állandó jó kapcsolatot tart. A csillagda látogatóinak száma (amely augusztus hónapban 618 fő volt) mutatja, hogy nagy az érdeklődés Egerben a csillagászat tudománya iránt.

A Természettudományi Társulat Csillagászati Szakosztálya a bemutató csillagdák székhelyein augusztus hónapban «Csillagászati Hetet» rendezett. A csillagdák a hét minden napján előadást és bemutatást tartottak, népszerűsítő csillagászati könyveket árusítottak, a mozgóképszínházak műsorában csillagászati tárgyú kisfilmeket vetítettek.

A «Csillagászati Hét» célja volt, hogy fokozottabban ráirányítsuk a dolgozók figyelmét a bemutató csillagdák munkájára, újabb tömegek érdeklődését keltsük fel a csillagászat tudománya iránt, nagyobb súllyal érvényesítsük népszerűsítő munkánkban a világnézeti, az egyedüli helyes materialista világnézetre nevelés szempontjait, új aktívákat szervezzünk propagandatevékenységünk számára.

A «Csillagászati Hét»-re a központi szakosztály útmutatót állított össze az előadók részére.

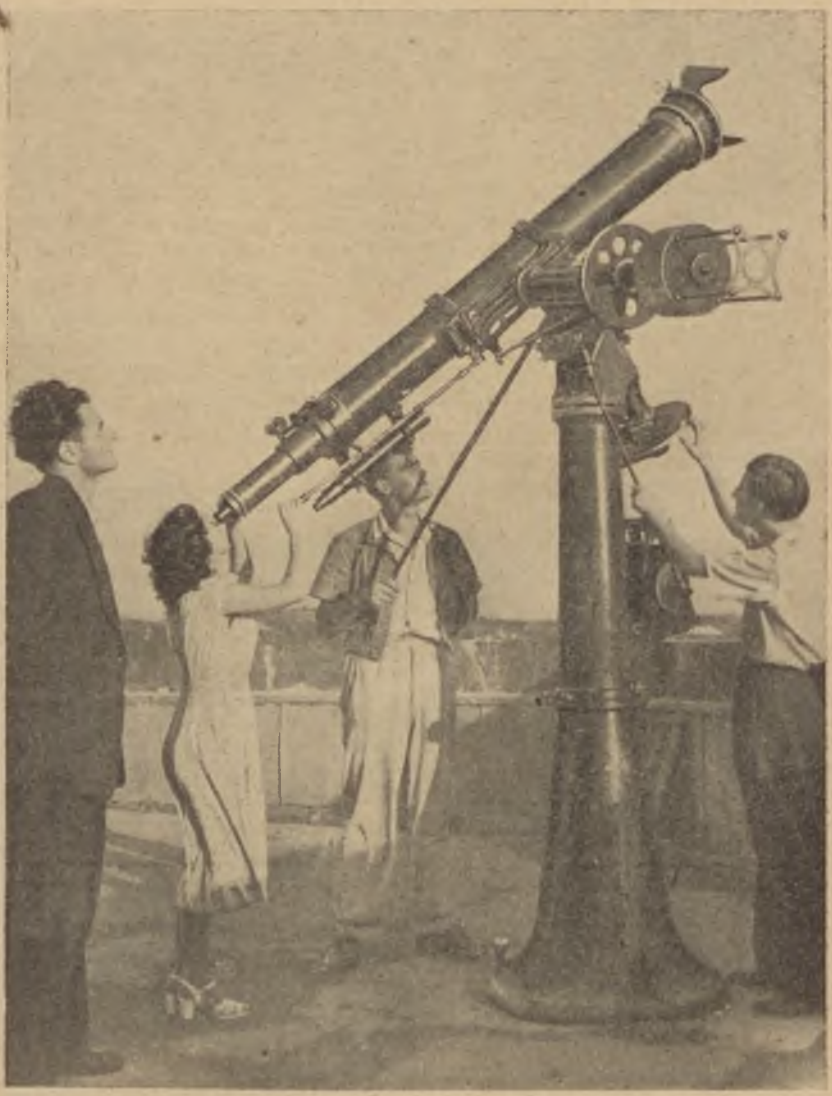
Megszerveztük, hogy a bemutató csillagdák székhelyein a «Csillagászati Hét» alatt a mozgóképüzemi vállalatok a «Hold», a «Nagyvilágegyetem» és az «Északisarki fény» című tudományos keskenyfilmeket vetítsék, amelyek nagyban elősegítették a dolgozóknak tartott elméleti előadásaink könnyebb megértését. A hét minden napján tartott előadások és bemutatások látogatóinak száma igen szép eredményt mutat. Amíg egész július hónapban 2450 látogató volt az összes Urániákban, addig a «Csillagászati Hét»-en 7619-en keresték fel e fontos kultúrintézményeket.

A «Csillagászati Hét» alatt a városok területén a csillagdák faliujságokat állítottak ki, csillagászati fényképekkel, rajzokkal, és rövid ismeretterjesztő cikkekkel. A helyi sajtóba is számos cikket írtak a csillagdák munkatársai. A cikkek tárgyát a csillagászat világnézeti vonatkozású kérdései közül választották. Így pl. «A világ végtelensége», «A világ megismerhetősége» stb. címekkel.

A «Csillagászati Hét» propagálására az üzemekben, tszcs-kben nagyszámú külső aktívát, pártoló tagot mozgósítottunk.

A «Csillagászati Hét» erőpróbája volt a csoportoknak és ebben a mozgalomban egészében derekasan helytálltak. Csillagdáink eddigi eredményei a «Csillagászati Hét» nyomán növekedtek, és szilárd alapot adtak a további munkához.

Az év folyamán egyre erősödő csoportok munkája lehetővé tette, hogy egymás között versenyt indítsanak. A verseny szempontjai igen



Az egri Bemutató Csillagda újonnan felszerelt Merz- gyártmányú 20 cm-es refraktora

szigorúak és túlnyomórészt olyan területeket ölelnek fel, amelyek a verseny beindítása előtt elég szűk keresztmetszetet mutattak. Így pl. nem volt megfelelő a csillagda és a bemutatások propagandája. Ezért fényképekkel, ismertetőkkel ellátott kirakatokat rendeztek be, amelynek elkészítése 10 jutalompontot jelent — így szélesebb körök szereztek tudomást a bemutató csillagvizsgálók munkájáról s ennek hatása alatt többen is látogattak el.

Megjavult a kapcsolat a megyei sajtóval is, amelyhez a cikkek írásáért kapott 8—8 pont is hozzájárult. Meg kell azonban említeni, hogy aktiváink is felismerték az írásos propaganda felvilágosító erejét.

A verseny több látogató szervezésére is mozgósította az aktívákat. A 10 látogató után járó 1 pont mindig több dolgozó megszervezését eredményezte, és ha már 40 pont «jött» össze, az tekintélyes számú látogató részvételét tükrözte.

Több gondot kellett fordítani a bemutatások előtt tartandó bevezető előadásokra is. Nehezen ment ennek a megszervezése addig, amíg nem értékeltük a versenypontozásban. Az egy előadásért járó 5 pont könnyen emelte a pontteljesítményt, ha ebből havonta 10—12 hangzott el. Hó végén a központi szakosztály tagjai értékelték a versenyt a felküldött tájékoztatás, de a hó közben történt ellenőrzés alapján is. A legtöbb pontot teljesítő csoport — jutalomban részesült. A verseny féléve alatt elsők voltak: két alkalommal a miskolci, két alkalommal a debreceni és két esetben a szombathelyi csoportunk.

A verseny állását az értékelés után írásban ismertettük csoportjainkkal, a lemaradókat megbíráltuk, ezután ott is fellendülés következett.

Ha a verseny eddigi összeredményét vizsgáljuk, látogatottságban és tartalomban egyaránt ugrásszerű fejlődést tapasztalunk. Míg az első három hónapban: így március, április, májusban, 7 csillagdában összesen 4284 látogató volt, addig a következő háromhónapos versenyidőszakban összesen 8200 dolgozó, tanuló és egyéni érdeklődő látogatott el a csillagvizsgálókba.

Az elért eredmények s annak a felelősségnek az érzése, amellyel minden tudományos népszerűsítő tartozik dolgozó népünk felé, azt a követelményt állítják elénk, hogy a már működő vidéki csillagdák munkáját tovább fejlesszük — új csillagdák szervezésével a dolgozók újabb tízezreivel ismertessük meg a csillagászat eredményeit, új szemléltető eszközök létesítésével növeljük az eddigi lehetőségeket. Ebben az évben már megkezdődtek a budapesti planetárium felállításának előkészítő munkálatai is. Néhány év mulva a planetáriumot is a népszerűsítés szolgálatába tudjuk állítani.

Mint mindig, most is a nagy Szovjetunió tapasztalatai mutatják az utat számunkra. A szovjet dolgozók a Nagy Októberi Szocialista Forrada-

lom győzelmének alapján megvalósították a szocializmust és új hatalmas, ragyogó szocialista kultúrát teremtettek. Ránk is ez a feladat vár, hogy a természettudományos ismeretek terjesztésével is elősegítsük hazánkban a szocialista kultúra kialakulását, harcosan álljunk ki az idealista nézetek ellen, meggyőző, alapos felkészültséggel haladjunk a kultúrforradalom ránk eső szakaszán.

Moroián Györgyné

ADATOK EGY MAGYARORSZÁGI NAPÉSZLELŐ HÁLÓZAT BEINDÍTÁSÁHOZ

A távcsővel, ill. szabadszemmel közvetlenül látható napfelület, a Nap fotoszférája aránylag igen könnyen megfigyelhető. Távcsőn keresztül az ernyőre kivetített napképen a napfoltok és napfáklyák jól láthatók. Ha még a távcső okulárjánál megfelelő módon fonálkeresztet is alkalmazunk és bizonyos szabályokat gondosan betartunk, úgy bárki tudományos szempontokból hasznosítható észlelési rajzot készíthet a Nap fotoszférájáról.

A Magyar Tudományos Akadémia Csillagvizsgáló Intézetének Napfizikai Osztályán, a Szabadsághegyen, másfél év óta rendszeresen készülnek észlelési rajzok a fotoszféráról. Ezeket elsősorban a Nap fotoszféráját, ill. ennek változásait ábrázoló térképek szerkesztéséhez használjuk fel. A térképeket és azok kiegészítéséül egyéb észlelési adatokat az Időjárás c. folyóiratban, a Meteorológiai Intézet hivatalos lapjában is rendszeresen közöljük. Sajnos azonban, egyetlen megfigyelő állomás észlelési adatai legtöbbször nem elegendőek ahhoz, hogy a fotoszféra változásait a kívánatos mértékben követhessük, mivel a légkör nem mindig megfelelő állapota (így elsősorban a felhőzet) az észlelést igen gyakran teljesen meghiúsítja. Sok esetben még lehet ugyan észlelni, de a levegő nyugtalansága, vagy más körülmény olyannyira megzavarhatja a megfigyeléseket, hogy azok értéke erősen lecsökken. Ezek mellett még más okok is közrejátszhatnak, melyek szükségképpen szintén kívánatossá teszik, hogy a Szabadsághegyen kívül máshol is rendszeresítsünk fotoszféra észleléseket.

Az Eötvös Loránd Tudományegyetem természettudományi karán tanulmányokat folytató egyetemi hallgatók egy csoportja felajánlotta szíves segítségét és a közeli jövőben rendszeres észleléseket kezdenek a múzeumkörúti egyetemi csillagászati intézet távcsövével. Hasonlóképpen, közreműködésüket ajánlották fel a Magyar Természettudományi Társulat szombathelyi és a kiépülőben lévő miskolci Uránia bemutató csillagvizsgálóinak munkatársai közül is többen. Természetesen örömmel üdvözölnénk, ha alkalmas távcsővel rendelkező más helységekből is idővel mind többen kapcsolódnának be ebbe a munkába.

Mindenesetre remélhető, hogy hazánkban az 1953-as év folyamán a napfotoszféra megfigyelésére komoly észlelőhálózat épül ki, amely hasznos észlelési rajzokkal segíti majd elő a Magyar Tudományos Akadémia Csillagvizsgáló Intézete Napfizikai Osztályának egyik fontos munkaterületét. Jelen írás célja, hogy egységes észlelési módszert rögzítsen le ehhez a munkához és részletes útmutatásul szolgáljon a megfigyelések kivitelezéséhez.

* * *

1. A távcsövet az észlelésekhez projekciós ernyővel kell ellátni. Éspedig úgy, hogy mindig pontosan 100 mm-es átmérőjű napképet lehessen kivetíteni. A projekciós ernyő okulártól való távolságának tehát állíthatónak kell lenni.

A 100 mm-es napkép-átmérő szigorú betartása azért fontos, mivel a foltok és fáklyák héliografikus koordinátáit az észlelési rajzokra ráhelyezett és 100 mm-es átmérőjű napképekhez szerkesztett koordináta-hálózatok segítségével állapítjuk meg. A Nap látszólagos sugara legnagyobb (16′18″) január és legkisebb (15′46″) július elején. Ha a Nap képét csupán ezen időpontok valamelyikén állítanók be 100 mm-es átmérőre és az ernyő karjának folyamatos fokozatos elállításával nem követnők a Nap átmérőjének változásait, úgy a másik szélső érték idején, a Nap képének átmérője közel 3 mm-rel térne el a 100 mm-től. Ekkora, sőt ennél még jóval kisebb hiba is, a napkorong szélének közelében észlelhető foltok héliografikus hosszúsága megállapításánál tetemes (több fokos) hibát eredményezhet.

A megfigyelésekhez készültek «fotoszféra észlelési rajz» feliratú és 100 mm-es átmérőjű kört ábrázoló nyomtatványaink. Egy ilyen nyomtatványnak a projekciós ernyőre való felhelyezése után, az ernyő karját addig kell elállítani, míg a napkorong E és W szélének távolsága a papíron pontosan 100 mm nem lesz. A napkép nagyságát mindig a vízszintes átmérő után kell beállítani, mivel a refrakció ezt nem torzítja. Az átmérő-beállítást először elég nehéz a kívánt pontossággal végrehajtani, különösen akkor, ha a kép nyugtalan és a napperem széle hullámzik. A projekciós ernyő mindkét karján tetszőleges, de legalább milliméteres finomsággal beosztott skála szükséges az ernyő helyzetének pontos megállapításához, és természetesen az ernyőt a távcsőhöz képest is milliméternyi pontossággal mindig ugyanazon helyzetben kell rögzíteni. Amíg a Nap átmérője nem változik meg lényegesen, addig lehet az ernyőt az előző napokon át használt helyzetben hagyni, de ennek ellenére nyugodt kép esetén ajánlatos az átmérőt ilyenkor is, és lehetőleg minél gyakrabban, ellenőrizni.

A projekciós ernyő állása, az észlelési rajzra mindig feljegyzendő; ezáltal lehetővé válik, hogy az esetlegesen nem megfelelő nagyságú napkép után készített rajz pontatlan adatait, szükség esetén utólag még javítsuk.

2. A távcső másik legfontosabb tartozéka: a poziciószögbe állítható és az ernyőre a Nap képével együtt, élesen kivetíthető fonálkereszt. A fonálkereszt helyzetének változtatását alkalmas skála segítségével, legalább 1°-ra biztosan meg kell tudnunk állapítani. Fontos, hogy a fonálkereszt két szála egymásra tizedfoknyi pontossággal merőleges legyen. Így, ha az egyik szálat kelet-nyugat irányban tájoljuk be, a másik észak-dél irányba fog mutatni. Az egyik fonálkeresztet úgy állíthatjuk pontosan a kelet-nyugat vonalba, hogy leállított óragéppel egy napfoltot, vagy ha nincs folt, úgy egy fáklyát, a fonálkereszt teljes hosszán addig vezetgetünk végig, amíg az pontosan a fonálkereszttel megegyezőleg nem fut.

A fonálkereszttel kapcsolatos ezen követelmények teljesülése igen lényeges, mert a napképen a napkorong északpontját a fonálkereszttel jelöljük ki. A foltok és fáklyák héliografikus koordinátáinak meghatározásához ugyanis elengedhetetlenül szükséges, hogy az észlelés időpillanatára vonatkozólag ismerjük a Nap rotációs tengelyének helyzetét, amelyet az évkönyvek segítésével azonban csak a napkorong északpontjához viszonyítva állapíthatunk meg. Következésképpen, ahány fokkal hibás a fonálkereszt beállítása, majdnem ugyanannyi fokkal kapunk hibás eredményt a napperem közelében észlelhető foltok és fáklyák héliografikus szélességének értékére.

A fonálkereszt helyzetét tehát minden egyes észlelés alkalmával külön ellenőrizni kell. Ez lehetőleg közvetlenül az észlelés előtt történjen meg, és még akkor is végrehajtandó, ha feltételezhető, hogy a megelőző észlelés óta, elmozdulás nem következhetett be. Előfordulhat néha, hogy célszerűbbnek látszik a fonálkereszt ellenőrzését észlelés utánra halasztani. Például olyankor, ha előreláthatólag csupán igen rövid ideig lesz megfigyeléshez alkalmas jó légkör és ezért a kevésbbé tökéletes légköri viszonyok mellett is elvégezhető fonálkereszt ellenőrzése későbbre marad. Ha azonban utólagosan hiba mutatkoznék, ennek nagyságát legalább 1°-nyi pontossággal meg kell határozni és a ΔP-rovatba bevezetni. ΔP-nek pozitív (+) előjelet adunk, amennyiben a fonálkereszt északi (N) irányba mutató vége kelet (E) felé történt mozgás által jutott az észleléskor elfoglalt hibás helyzetből a helyes állásba, azaz a fonálkereszt árnyékát az ernyőn a korrigáláskor, az óramutató járásával megegyezőleg kellett elfordítani. Ellenkező esetben, ΔP-értékét negatív (—) jellel látjuk el. (ΔP értékét legegyszerűbben a nyomtatványok fokbeosztása segítségével állapíthatjuk meg.) Ha bármi oknál fogva fonálkereszt-ellenőrzés nem volt, úgy ezt a tényt az észlelési rajzon okvetlenül fel kell tüntetni.

3. Az ernyő és a fonálkereszt helyes beállítása után az észlelési rajz céljára készült nyomtatványt úgy kell az ernyőre helyezni és alkalmas szorítókkal rögzíteni, hogy *a kivetített fonálkereszt metszéspontja hajszálnyi pontossággal a kör középpontját megjelölő pontra essék* és a fonálkereszt északi, keleti, déli és nyugati vége pedig lehetőleg fedje rendre a N-, E-, S-, W-betűkkel megjelölt egyenes darabokat. Ha deleléskor az

ernyőre kivetített napképre tekintünk, úgy a Nap északpontja felül, délpontja pedig alul lesz, míg a keletpont jobb-, a nyugatpont pedig balkezünk felé esik. De általában n áskor is nagyjából ezen szabály után tájékozódhatunk. Ha az ernyő helyett homályos üveget használnánk és egyszerre tekintenénk rá mind a Napra, mind a kivetített napképre, úgy a valóságos és kivetített napkorong teljesen egyező irányításban látszana. (Nyomtatványaink természetesen már ezen irányításnak megfelelően készültek.) Ha a fonálkeresztet nem sikerül tökéletesen fedésbe hozni, a nyomtatványrajz megfelelő egyeneseivel és nem akarunk időt vesztegetni újabb beállításra, akkor a fonálkeresztnek a körrel való metszéspontjai megjelölendők. A N-egyenestől való eltérés a fokbeosztáson leolvasandó és ΔP-értékként feljegyzendő; N-től W-irányú eltéréseket negatívnak, míg az E-irányba esőket pozitívnak kell venni.

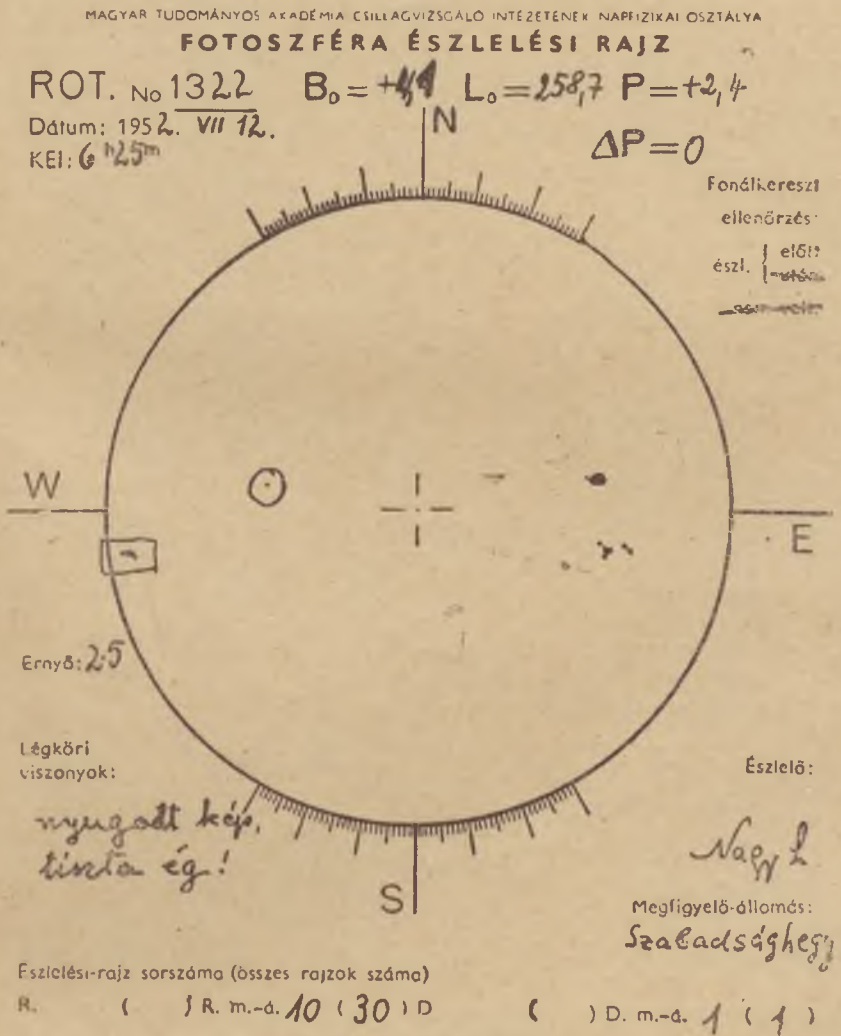
A 2. pontban említett, a fonálkereszt esetleges hibás állásából eredő és ezen a nyomtatványrajz «hibás» felfektetéséből származó két ΔP-értéket természetesen (előjelük figyelembevétele mellett!) össze kell adni és összegük adja a tényleges ΔP-t. Ha $\Delta P = 0°$, úgy a napkorong északpontja pontosan a kör N egyenes darabbal megjelölt pontjára fog esni.

4. Az észlelési rajz elkészítése előtt, először a Nap képét nagy gondossággal át kell vizsgálni, hogy hol és mi látható. A kisebb foltokat és a halványabb fáklyákat csupán akkor lehet könnyen észrevenni, ha a Nap képét a távcsőnek csekély mozgatása révén a papíron ide-oda mozgatjuk. Ez okvetlenül szükséges művelet ahhoz, hogy az optikában (okulárban) és a papiroson esetlegesen «foltoknak» mutatkozó szennyeződésektől a Nap felületén látható alakzatokat biztonsággal megkülönböztethessük. Miután már jól szemügyre vettük az egész napfelületet, a Nap képét pontosan beillesztjük a körbe és gyorsan bejelöljük a foltcsoportok és fáklyamezők helyzeteit. Leghelyesebb ezen berajzolás idejét tekinteni az észlelés időpontjául. A néhánypercnyi pontatlansággal is megadható észlelési időt középeurópai zónaidőben kell a «KEI» rovatba bevezetni. Ezután a foltokat és fáklyákat (1 : 1 méretben, különös figyelmet fordítva, hogy ne túlozzuk el nagyságaikat) lehetőleg «élethűen» rajzoljuk le; a foltokat fekete, a fáklyákat zöld ceruzával. Az észlelési rajzokon zavarólag ható szennyeződés elkerülése és a rajzok jókarban való konzerválása érdekében, célszerű a kisebb foltokat görbe, míg a fáklyákat szögletes vonallal bekeretezni és a foltokat a rajznak, a projekciós ernyőről való levétele után tintával nyomban átrajzolni.

Egy teljes észlelés, felhőmentes időben általában 15—20 perc alatt végezhető el. Ha azonban, valami oknál fogva (pl. borulás miatt) az észlelést hosszabb időre meg kell szakítani, akkor már legjobb teljesen új rajzot készíteni, mert már egy óra alatt a Nap forgása következtében a napkorong közepetáján látható foltok majdnem 1 mm-rel vándorolnak el.

MAGYAR TUDOMÁNYOS AKADÉMIA KÖNYVTÁRA

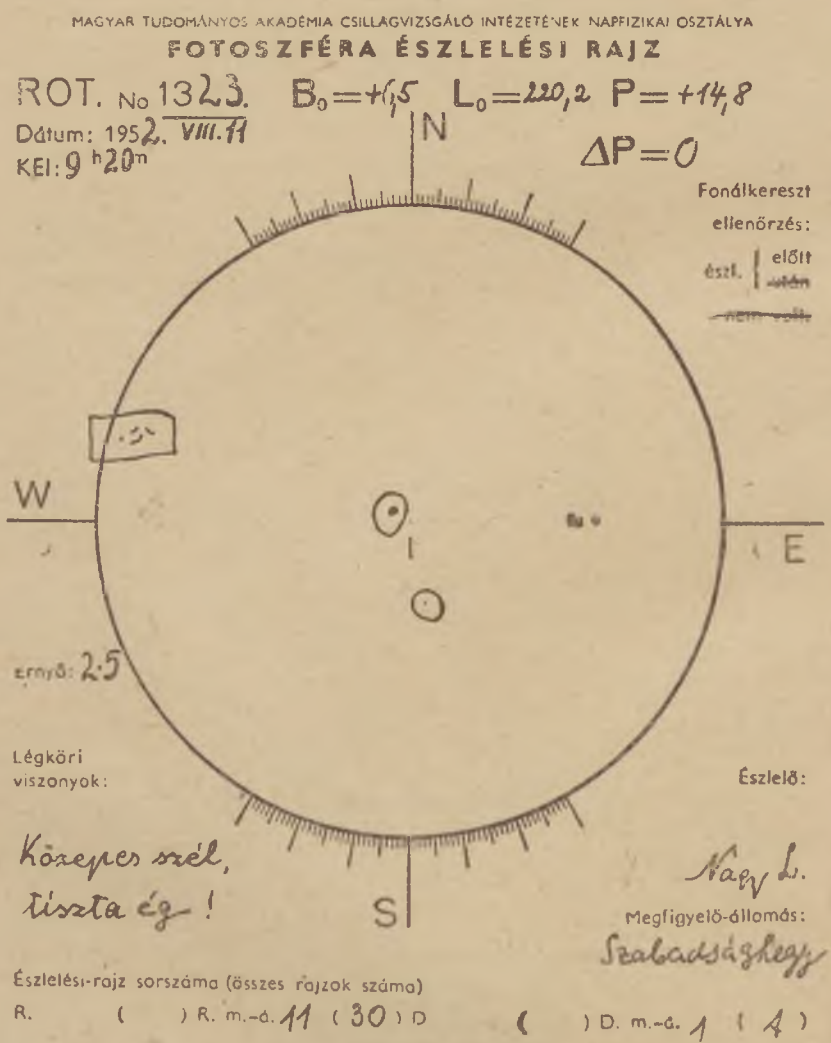
5. A fotoszféra észlelési rajzok felhasználásánál okvetlenül tudnunk kell azt is, hogy milyen légköri viszonyok közepette történt az észlelés. Ezen adatoknak főleg a következő szempontokra kell kiterjedni: a kép nyugodt vagy nyugtalan voltára, a szélviszonyokra és végül arra, hogy a Nap környékén az ég átlátszósága, ill. a felhőzet milyen volt. (Pl. erősen kék ég vagy cirrusz-felhős ég.) A légköri viszonyok ismerete sokszor



32. ábra.

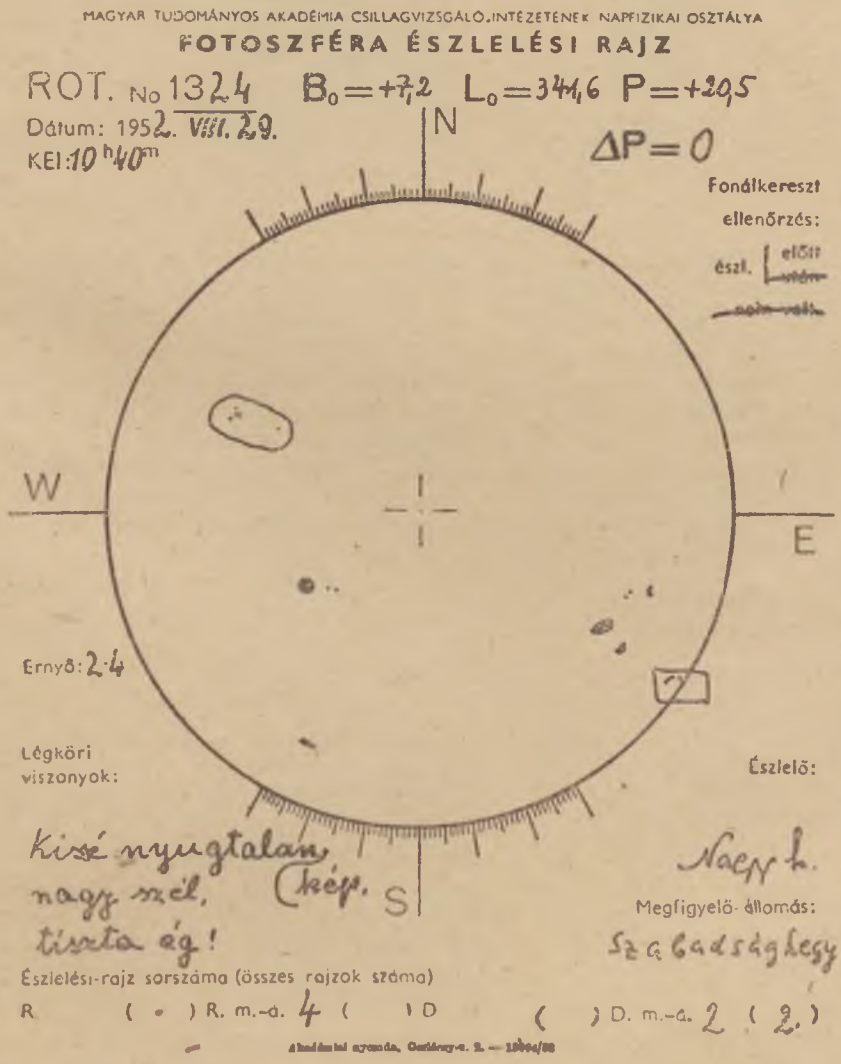
nélkülözhetetlen ahhoz, hogy megállapíthassuk egy kisebb és sokszor igen rövid életű foltról, vagy halványabb fáklyáról, hogy mettől-meddig létezett. T. i. ilyen kevésbbé feltűnő objektumok láthatósága nem kismértékben függ a levegő állapotától is. Mindezekért, továbbá, a foltok ma még kiszámíthatatlan váratlan gyors keletkezése és elmúlása miatt is, igen fontos, hogy minden napról lehetőleg több észlelési rajzunk legyen.

* * *



33. ábra.

Példaként beiktatunk három eredeti észlelési rajzot (1952 július 12., augusztus 11., ill. augusztus 29-ről). A rajzok felett álló számadatok jelentése, valamint az észlelési rajzok kiértékelésével kapcsolatos egyéb tudnivalók megtalálhatók az Időjárás c. folyóirat 55. évf. 11—12. 1951 nov. dec. számában.



34. ábra.

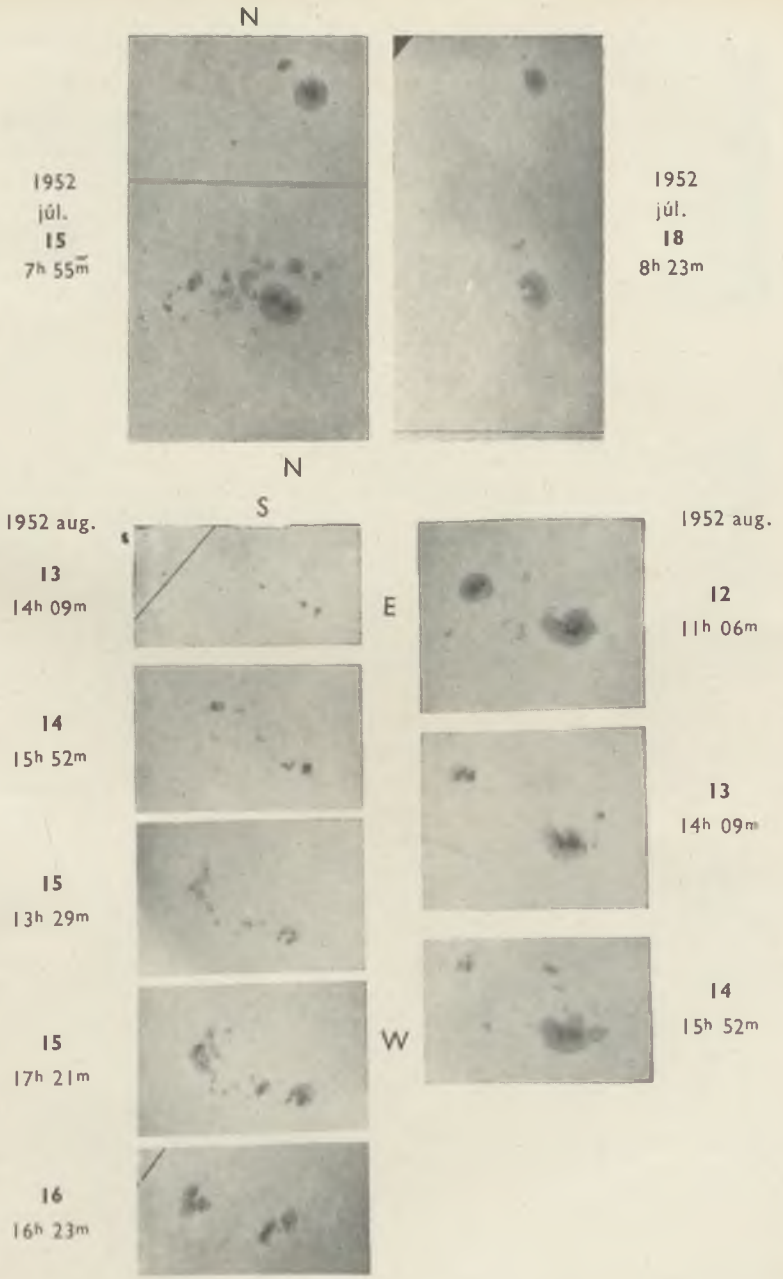
Mellékelve bemutatunk még néhány fényképsorozatot, amelyek napfoltcsoportok változásairól tájékoztatnak. A felvételek a Magyar Tudományos Akadémia Csillagvizsgáló Intézete Napfizikai Osztályán fotohéliográfiával készültek. (A sárga színképtartományban.) A képek zömét *Gerlei Ottó* fényképezte.

A fényképeken a fotoszféra észlelési rajzokhoz képest a kelet-nyugat irányok felcseréltek. A július 15-i és 18-i felvételen ugyanaz a két foltcsoport látszik, amely a 12-én készült észlelési rajz E oldalán látható. Mindkét felvételen rajta van a kelet-nyugat irányban fekvő fonálkereszt egy része is. Ezen, valamint a többi fényképünkön is látható fonálkereszt részletek, a kelet-nyugat, ill. észak-dél irányt mutatják ugyan, de ezek (az észlelési rajzoktól eltérően) nem haladnak át szükségképpen a napkorong észak-dél, vagy kelet-nyugat pontjain.

Az augusztus 12-e és 14-e közötti lassúbb változásokat elárulo foltcsoport azonos az augusztus 11-én készült észlelési rajz E oldalán fekvővel. Ezzel szemben egy másik, gyorsabban változó foltcsoport augusztus 11-én a fotoszféra észlelési rajz készítése idején, még nem is volt észlelhető. Az öt felvétel közül, az elsőn és utolsón látható fekete fonál, alulról felfelé, a dél-észak irányt mutatja.

Az augusztus 27-e és szeptember 2-a között készült 7 fénykép azon két nagy foltcsoportot ábrázolja, amelyek az augusztus 29-i keletű fotoszféra észlelési rajz E oldalán vannak. Mind a 7 felvételnél észak van fent. Az augusztus 25-i és 26-i két felvétel 3 foltcsoportja közül, az egymástól legtávolabbra fekvő két foltcsoport azonos az augusztus 29-i észlelési rajz W-oldalán látható két foltcsoporttal. A jobboldalon látszó a déli. A középső foltcsoport augusztus 29-re már eltűnt.

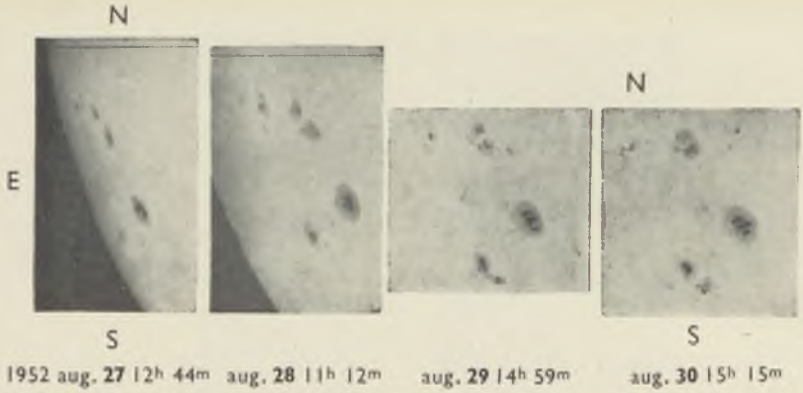
Dezső Loránt



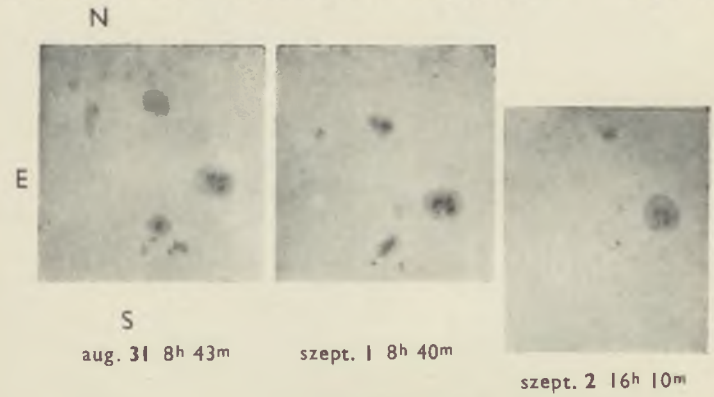
(a napkép átmérője kb. 20 cm.)

I. Tábla

Napfoltcsoportok (A Magyar Tudományos Akadémia Csillagvizsgáló Intézete Napfizikai Osztályának felvételei).

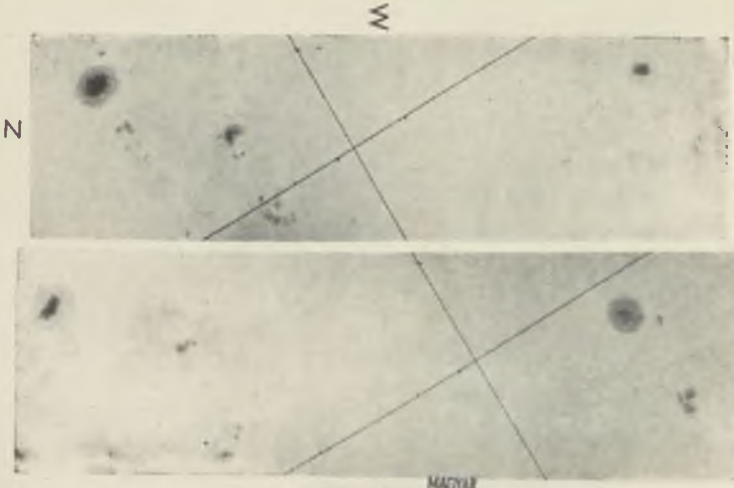


1952 aug. **27** 12h 44m aug. **28** 11h 12m aug. **29** 14h 59m aug. **30** 15h 15m



aug. **31** 8h 43m szept. **1** 8h 40m szept. **2** 16h 10m

(a napkép átmérője kb. 20 cm)



1952 aug. **25** 12h 46m

26 16h 46m

(a napkép átmérője kb. 30 cm)

II. Tábla

Napfoltcsoportok (A Magyar Tudományos Akadémia Csillagvizsgáló Intézete Napfizikai Osztályának felvétele).

SZUPERNÓVÁK*

1. A szupernóvák felfedezése, fényessége és statisztikája

A már ismert távolságú extragalaktikus ködökben előforduló nóvák észlelései azt mutatják, hogy a nóvák abszolút fényessége közepesen —7 magnitudóra rúg és ezeknek az abszolút magnitudóknak a szórása nem nagy.

Az Andromeda-köd nóvái között csak egy, az 1885. évi nóva az S Andromeda válik ki azzal, hogy abszolút magnitudója a maximumkor —14.^{m}7 volt.

1895-ben az NGC 5253 extragalaktikus ködben fedeztek fel egy nóvát, amelyet Z Centauri-nak neveztek el, ennek szintén igen nagy volt a fényessége, összehasonlíthatatlanul nagyobb, mint a közönséges nóváké.

A történelem megőrzött számunkra bizonyos, sajnos, igen töredékes észleléseket az 1572. évben a Cassiopeiában és az 1604. évben az Ophiuchusban fellángolt nóvákra vonatkozóan. Minthogy ezeket még a távcső felfedezése előtt észlelték, így további sorsuk ismeretlen maradt, mert egy évi ragyogás után eltűntek az égről a szabad szem elől. A további több mint 300 év alatt olyan más csillagot, amely ilyen fényességet ért volna el, már nem észleltek (a Nova Cassiopeiae még nappal, a Nap teljes fényénél is látható volt). Összehasonlítva ezt a két, bár igen kevéssé vizsgált esetet, az Andromedában és a Centaurusban előforduló szokatlanul fényes csillagokkal, egyes szerzőknek az volt a véleményük, hogy a közönséges nóvákon túl, amelyek maximumuk idejében körülbelül 50 000-szer fényesebbek a Napnál, létezik még egy másik csillagosztály, amely sokszorta fényesebb a közönséges nóváknál és ezeknek ezért a nem túl szerencsés «szupernóva» elnevezést adták. Az utóbbi években sok spirális csillagrendszerben fedeztek fel szupernóvákat. Ennek alapján meg lehet állapítani, hogy szupernóva csillagok valóban léteznek, de igen ritka jelenségek — ilyen fellángolás egy csillagrendszerben sem következik be gyakrabban, mint néhány évszázados időközökben.

* Vorontcov-Veljaminov: A gázködök és új csillagok c. könyvéből. Fordította: Ozsváth István

1936 szeptemberében kezdte Zwicky szisztematikusan fotografálni az extragalaktikus ködöket, extragalaktikus nóvák és szupernóvák felfedezése és észlelése céljából. Arra vállalkozott, hogy a Virgo, Coma Berenicae, Canes Venitici, Ursa Major, Hydra és Centaurus csillagképekben lévő galaktika-halmazokat, valamint egyes fényesebb közelebbi rendszereket, mint pl. az Andromeda- ködöt és a Triangulum-ködöt stb. rendszeresen fotografálja. 1937 május végére már körülbelül 300 felvétele volt, amelyek alapján kb. 10 000 galaktika képét vizsgálták meg. Ezek a kutatások sokáig nem vezettek eredményre és csak 1937. február 16-án, az NGC 4157 ködben, amely a Virgóban lévő galaktika-halmazhoz tartozik, fedezték fel az első szupernóvát.

Augusztus 31-én fedeztek fel egy kilencedrendű szupernóvát az IC II. 4182 ködben, amely néhány nap alatt 8.5 magnitudót ért el és szeptember 13-án az Andromeda csillagképben levő NGC 1003 galaktikában egy másik szupernóvát.

Néha a szupernóvák nem halványabbak, hanem jelentékenyen fényesebbek, mint az a csillagrendszer, amelyhez tartoznak. Különösen vonatkozik ez arra a szupernóvára, amely a galaktikájánál, az IC II. 4182-nél, legalább 4.5 magnitudóval, azaz legalább 60-szor fényesebb volt. Ha az IC II. 4182 köd távolságát 13 millió fényévnek vesszük, akkor annak a szupernóvának az abszolút fényessége, amely augusztus 31-én lángolt fel, a Napunk fényességét néhány milliárdszorosan felülmúlja. Ilyen óriási fényességet csak olyan óriási katasztrófa idézhetett elő, amelynek méreteiről még az asztrofizika összes meglepő felfedezése alapján is igen nehéz valamilyen szemléletes elképzelést alkotni.

Minden alapja megvan annak az elképzelésnek, hogy a szupernóvák fényességnövekedésének az oka méreteik igen gyors és hirtelen megnövekedésében is áll. Ilyenkor a csillag átmérője a napátmérő néhány százszorosa lesz. Egy közönséges nóvába, maximuma idején, amikor fénykibocsátó felülete a legnagyobb, beleférne a Naprendszer egy része, például a Merkur, Vénusz és a Föld pályája. Az a szupernóva, amelyet az IC II. 4182 ködben fedeztek fel, ennél még körülbelül 250-szer nagyobb volt, azaz ebbe az óriáscsillagba, maximuma idején belefért volna a Pluto pályája úgy, hogy a csillag felszínéig még a Nap-Pluto távolság ötszöröse fennmaradt volna.

Azok az eléggé jól tanulmányozott szupernóva fénygörbék, amelyek a maximum időpontjához közel eső időpontokat is magukba foglalják, lehetővé tették azt, hogy megállapítsák a fénygörbék típusait, ezek segítségével azután ki lehet egészíteni azoknak a szupernóváknak a fénygörbéit is, amelyeknek a maximumát nem észlelték.

A cikk végén közöljük az 1948-ig ismeretes 44 szupernóva katalógusát. Katalógusunkban nem szerepel a T Skorponis és az 1912-es évi NGC 2841 galaktikába tartozó szupernóva. Ezek abszolút magnitudója

körülbelül -9^m, ezért a közönséges nóvák közé soroljuk őket, hiszen egyes nóvák elérik ezt a fényességet. Kizártunk bizonyos más csillagokat is, amelyek még világosabban a közönséges nóvákhoz tartoznak, azonban egyes szerzők a szupernóvákhoz sorolják őket, úgy látszik csupán azért, hogy a statisztikus anyag kiegészítésére törekedjenek. Tekintettel arra, hogy bizonyos galaktikák távolságértékei pontatlanok és az észlelések nem tökéletesek, lehetséges az, hogy katalógusunkból bizonyos csillagokat ki kellene hagyni és megfordítva, hozzávenni másokat, amelyeket mi közönséges extragalaktikus nóváknak számítottunk.

Az ebben a fejezetben idézett statisztikus adatok főleg Kulikovszkij munkáján alapulnak. Kulikovszkij a szupernóvák fénygörbéit négy osztályba sorolja és az osztályokat két csoportra osztja. Az első csoportban a maximum éles, a másodikban a maximum lapos; a negyedik osztályú görbéknél a leszálló ág lépcsőszerű. Nem értünk egyet azzal az elterjedt véleménnyel, hogy a nóvák és a szupernóvák görbéi között lényeges különbség volna. Ez a vélemény az utóbbiaknak csak a gyors nóvákkal, illetve az N Herculis típusú csillagokkal való összehasonlításán alapszik. Valóságban a különbség csak abban áll, hogy a szupernóváknál ezideig csak sima görbéket észleltünk, második hullám nélkül, ncha a maximum néhány napig tartott. Általában meneteles és folyamatos fénygörbékre oszlanak, amelyek azonban párhuzamosak a nóvákéval. Nem nehéz látni, hogy az N Ophiuchus 1848 görbéje meneteleseb az IC II. 4182 tipikus szupernóvájának a görbéjénél, azonban az N Lyrae 1919 görbéje csaknem összeesik vele. Csak bizonyos szupernóvák fénygörbéje (első típus) meneteleseb bek lényegesen bármely tetszőleges, folyamatos fénygörbéjű nóva fénygörbéjénél. A 23 biztos fénygörbével rendelkező szupernóva közül hét tartozik az 1. típusba, négy a 2. típusba, hét a 3. típusba, öt a 4. típusba. Biztosabb azonban ezeknek a görbéknek a két csoportra, az éles görbékre és a lapos görbékre való osztása (I. II.)

Tudjuk (B. Voroncov-Veljaminov: The logarithmic coefficients of the rate of development of novae and supernovae. Bull. Inst. Sternberg, Moscow, N. 1, 1940.), hogy a vizsgált szupernóvákra a logaritmikus koefficiensek nem tükrözik jól a fénygörbeváltozást a maximum közelében, tekintettel ezek hosszan elnyúlt alakjára. Kulikovszkij szerint az első csoport görbéit jól visszaadják ezek a koefficiensek, azonban a második csoport görbéit nem, de ezek a koefficiensek az első csoportra vonatkozóan oly gyorsan változnak, hogy használatuknak semmi értelme sincs.

Az 1. táblázat megadja a szupernóvák elosztását azoknak a galaktikáknak a típusai szerint, amelyekben ezek előfordulnak, de tekintettel arra, hogy a rendelkezésre álló anyag igen szegény, túlságosan részletes összehasonlítás nem történt. A különböző típusú csillagrendszerek előfordu-

lási gyakoriságát tekintetbevéve a szupernóvák viszonylagos gyakorisága a következő:

1. *táblázat*

A galaktika típusa	A szupernóvák viszonylagos gyakorisága
E	0,23
Sa, SBa	0,07
Sb, SBb	0,17
Sc, SBc	0,53

Ebből látható, hogy szupernóvák gyakran fordulnak elő az úgynevezett késői spirálisokban, azaz az olyan csillagrendszerekben, amelyek hasonlóan a mi galaktikánkhoz, kevésbbé sűrűn elhelyezett csillagokból állnak. A szupernóvák előfordulnak a csillagrendszereknek úgy a fényes, mint a sötét helyein és a spirálisok karjai közötti közökben.

A szupernóvák abszolút magnitudó szerinti eloszlása a következő:

−10	−11	−12	−13	−14	−15	−16	−17	−18
1	2	8	4	10	1	6	0	1

A szupernóvák maximumbeli közepes abszolút magnitudóját különbözőknek veszik attól függően, hogy az anyag melyik részét számítják biztosabbnak. Így Baade $-14.^m7$-nak veszi $2.^m23$ szórással, viszont Kulikovszkij teljesebb anyag alapján -13^m3-nek. A szupernóvák abszolút magnitudójának a fénygörbével való összefüggésére vonatkozó részletesebb vizsgálat még nem áll szilárd talajon. Eddig még nem világos, hogy milyen éles a határ a nóvák és a szupernóvák között fényességüket tekintve. Nem kizárt annak a lehetősége, hogy elég sok csillag abszolút magnitudója a maximumkor −8 és −12 között van. Ilyen tényeknek a megállapítása erősen befolyásolná azoknak a teóriáknak az egymáshoz való közeledését, amelyek a nóvák és a szupernóvák keletkezését magyarázzák.

A galaktika integrált abszolút magnitudójának a benne előforduló szupernóva abszolút magnitudójával való összehasonlítása nem függ a távolság meghatározásában fellépő hibától és az $M_{neb}-M_{SN}$ -re $+5.^m7$ és $-5.^m0$ között ingadozó értékek adódnak, közepesen $+1^m$ 6-t adva. Emellett figyelembe kell venni magának a galaktikának fényességében fellépő jelentős szórást. Végeredményként látjuk, hogy egy-egy szupernóva bizonyos ideig százszor fényesebb, mint az egész rendszer együttvéve, bár ebben napok milliárdjai szerepelnek. A legfényesebb szupernóva az NGC 5253 ködben fordult elő (abszolút magnitudója -18^m4 volt). Maximumkor tizenöt milliárdszor fényesebben világított mint a mi Napunk. Ilyen fényesség még a csillagászok számára is óriási, bár hozzászoktak a jelenségek legmeglepőbb kontrasztjaihoz és méreteihez.

Az ég 122 különböző területén elhelyezkedő 300 galaktikáról készült 611 speciális felvétel kiértékeléséből Zwicky megállapította, hogy ezek egyenértékűek azzal, mintha 1836 évig észlelnénk folytonosan egy és ugyanazt a galaktikát. Minthogy eközben három szupernóvát fedezett fel, gyakoriságukat abban állapítja meg, hogy minden 612. évre egy galaktikára közepesen egy fellángolás esik. Fényesebb galaktikákra szorítkozva (13^m-nál fényesebb), azt kapta, hogy 460 évente lángol fel egy galaktikában egy szupernóva. Később, miközben 12 szupernóvát fedezett fel 3000 galaktikában, Zwicky ezt a számot 430 évre változtatta. Kulikovszkij azonban rámutatott arra, hogy az elliptikus ködökben a szupernóvák gyakorisága körülbelül kétszer kisebb, viszont a késői ködökben kétszer nagyobb, mint az idézett számok. Ez egyezésben van azzal, hogy Galaktikánkban, amely a késői típushoz tartozik, nyolc évszázad alatt három szupernóva jelent meg.

A szupernóvák színindexe maximumkor közel 0, azután gyorsan nő 1^m-ig, majd fokozatosan $0.^m4$-re csökken (az IC II. 4182-es galaktikához tartozó szupernóvánál 100 nap alatt), azután úgy látszik állandó marad. Ennek a maximum utáni változását lényegében a fényes spektrumtartományokban végbemenő változások okozzák.

2. A szupernóvák spektruma és ennek interpretációja

Sajnos a szupernóvák fizikai természete még kevésbbé ismeretes, mint a közönséges nóváké. Gyenge látszó fényességük igen megnehezíti spektrumuk tanulmányozását, de még inkább annak a kiderítését, hogy mi észlelhető ezekben.

Az S Andromedae szupernóva spektrumát sokan észlelték vizuálisan. Nyilvánvaló, hogy az észlelések igen nehezek voltak, a spektrum roszszul volt látható, és így a különböző észlelők által nyert adatok gyakran ellentmondanak egymásnak. Megjegyzendő, hogy ennek a csillagnak a spektrumában, ellentétben a közönséges nóvák spektrumával, nem észleltek semmiféle olyan széles és fényes vonalat, amely arról tanúskodott volna, hogy a maximum időpontjában a csillag felszínéről ritka gázáramok szakadtak volna ki óriási sebességgel. A Z Centauri spektrumát objektív prizma segítségével fényképezték a Harvard csillagdában és az R spektráltípusba sorolták. Az R-típusú csillagok igen ritkák, vörösek és túlnyomórészt a szabálytalan változók között fordulnak elő; egyetlen nóvánál sem észleltek ilyen vagy ehhez hasonló típusú spektrumokat.

Összehasonlítva ezeket az eredményeket bizonyos olyan észlelők ellentmondó adataival, akik két később megjelent közönséges extragalaktikus nóva spektrumát fényképezték, és egyesek közülük láttak fényes csíkokat a felvételeken, mások nem, Stratton arra a következtetésre jutott, hogy a szupernóvák, és általában az extragalaktikus nóvák spektrumai is, lényegesen különböznek a tipikus galaktikus nóvák spek-

trumaitól. Azonban e sorok írója még 1931-ben bebizonyította, hogy ez a következtetés helytelen. Például, az S. Andromedae maximum közelében észlelt spektrumában sem lehet kimutatni lényegesen fényes vonalakat, mert fejlődésüknek ebben a fázisában a tipikus nóváknak is csaknem folytonos a spektruma és a fényes, széles vonalak első pillantásra is jól észrevehetően csak lényegesen később válnak ki. Azonkívül olyan halvány csillagnak, mint például az S Andromedae, amelynek még ezenkívül egy folytonos színképet kibocsátó galaktika volt a hátterében, a spektrumát közvetlenül észlelni elég nehéz volt. Későbbi időpontban spektrumában már a fényes vonalak észrevehetők voltak. E cikkben bebizonyítottuk még, hogy a Z Centauri spektruma hasonló volt a Nóva Gemini 1912 spektrumához néhány napig a maximum után, valamint bebizonyítottuk azt, hogy a harvardi észlelők annak idején helytelenül interpretálták ezt. A Harvard csillagda 1936-ban megjelent három munkája lényegében megerősítette a szerzőnek ezeket a következtetéseit. (Payne—C. Gaposchkin és W. Johnson.) Az S Andromedaere vonatkozóan gondosan átnézték az összes észleléseket és kiderült, hogy spektrumában úgy látszik észlelhetők igen széles és fényes 5575 és 5325 Å-hullámhosszú vonalak, amelyeknek eredete ismeretlen (a sarki fény zöld vonala gyakran észlelhető a közönséges nóváknál).

Kétségtelen azonban, hogy ezeknek a fényes vonalaknak a kontrasztja lényegtelen volt, különösen az észlelések végső periódusában, amikor ezeknek a vonalaknak maximális kifejlődése lett volna várható. Ennek az oka az lehetett, hogy igen szélesek voltak, a közönséges nóvák fényes vonalainak a szélességét néhányszor felülmúlták. Ez arról tanúskodik, hogy a szupernóvákról a gázok sokkal nagyobb sebességgel válnak le, mint a közönséges nóvákról és ez ténylegesen megfelelne a folyamat grandiozitásának. Látni fogjuk, hogy ezt a gondolatot a legújabb észlelések is alátámasztják.

A Z Centauri spektrumát újra kimérték a Harvard csillagdában (W. Johnson) és kiderült, hogy az R-típusú spektrum helyett valóban igen széles, fényes vonalakkal rendelkező spektruma van és úgy látszik, hogy a fővonal a 4640 Å-hullámhosszú kétszeresen ionizált, nitrogénvonal volt, amely minden nóvára jellemző a maximum után néhány héten keresztül. 1936-ban sikerült először eredményesen fényképezni az NGC 4273 galaktika szupernóvájának a spektrumát. A spektrum rendkívül széles és fényes vonalakból áll és ezek csaknem elfedik egymást a folytonos spektrum hátterében. Ezen szélesség miatt, amely 186 Å-öt is elért, valamint a szélek elmosódottsága és a nagy vöröseltolódás miatt, amely úgy a csillag, mint az egész spirális galaktika spektrumában fellépett, nem volt könnyű a vonal centrumának a hullámhosszát pontosan meghatározni és ismert kémiai elemek vonalaival azonosítani. Feltételezték, hogy a fő fényes vonalak hidrogénvonalak ($H\beta$, $H\gamma$, $H\delta$).

A fényes vonalak szélének a centrumhoz képest való eltolódása azt mutatja (ha a vonalak azonosítását helyesen végezték), hogy azoknak a gázoknak a sebessége, amelyek a szupernóvákról leválnak és a fényes spektrumvonalak képződését okozzák, 6000 km/sec nagyságrendű, ugyanakkor ez a fényes vonalak alapján mért sebesség a közönséges nóváknál kb. 1000 km/sec szokott lenni és nem lépi túl a 2500—3000 km/sec-et.

Minkowski egész sor spektrogrammot készített és arra a következtetésre jutott, hogy az összes szupernóvák spektruma meglepően hasonlít egymáshoz a fejlődés folyamán és kevésbbé térnek el egymástól, mint a közönséges nóvák spektrumai. Így bebizonyította a spektrumok azonosságát azonos fázisokban a Z Centauri, az S Andromedae, az NGC 6946, 4303, 4273, 1003, IC II. 4182 galaktikákban előforduló szupernóváknál is. Azonban később ugyanő fedezett fel egész sor szupernóva spektrumot, amelyek már nem egyeztek az előbbiekkel, így megkülönböztetésül II. típusú szupernóváknak nevezte őket.

Foglalkozzunk először a részletesebben vizsgált I. spektráltípushoz tartozó szupernóvákkal. Minkowski kétségbe vonta a Z Centauri spektrumáról Payne által adott interpretáció helyességét. Általában erre a csillagcsoportra vonatkozóan olyan spektrogrammok vannak, amelyek 8 nappal a maximum előtt kezdődnek és a maximum után egy év elteltével végződnek. (az IC II. 4182 galaktika szupernóvájára vonatkozóan), valamint a legteljesebben vizsgált szupernóvákra vonatkozóan tartalmazzák az első 8 magnitudónyi fényességeséseket.

A vizsgált spektrumokat három részre lehet osztani: az ultraibolyába eső, — 3100 Å-től 3700 Å-ig, fotografikus — 3700 Å-tól 5000 Å-ig és vizuális — 5000 Å-től 6800 Å-ig. Az időt napokban adjuk meg az IC II. 4182 szupernóvájának a maximuma után.

A sötét vonalakat a spektrumban csak a korábbi stádiumban — a maximumig és kevéssel azután lehet gyanítani, de realitásuk kétségbevonható. Nagyon gyengék és elmosódottak, nem azonosíthatók.

Az ultraibolya tartományban az utolsó észrevehető világos vonalat a 3700 Å-nál látták és ez a 3300 Å-ig olyan gyorsan halványodik, hogy a $\lambda < 3300$ Ä-ös tartományon semmiféle nyoma sincs, még a spektrum többi részének túlexponálása mellett sem. Az, hogy ez azt jelenti-e, hogy erős folytonos abszorpció van jelen, vagy hogy nincs ott olyan emissziós vonal, mint amilyen a spektrum más részeit képezi, nem ismeretes.

A maximum körüli első két hét folyamán nem történik olyan hirtelen a változás a spektrumban, mint a közönséges nóváknál, és az embernek az a benyomása, hogy igen széles és fényes vonalak vannak egymás hátán. A legkeskenyebb részek szélessége 100 Ä. Két héten keresztül a fotografikus és a vizuális részek között különbséget lehet észrevenni.

A fotografikus tartományban a fényes csíkok strukturája és intenzitása csaknem az egész időre szinte változatlan marad, de a csíkok a spektrum vörös vége felé tolódnak. A vizuális tartományban kétféle erős változás megy végbe.

Kezdetben a vizuális tartomány ugyanolyan intenzitású, mint a fotografikus, azonban 30—40 napig naponta egyre fényesebb lesz, majd a fénygörbe maximuma után 160 nappal elér egy relatív minimumot, 20 nap múlva újra megjelenik és utána ismét fokozatosan elhalványodik.

A vizuális tartomány egyes vonalai erősen változtatják szerkezetüket, mintha bennük az egyes összetevő vonalak intenzitása változna, a régiek eltűnnének és újak jelennének meg helyettük. Ezeknek a vonalaknak a közepe nem tolódik a spektrum vörös vége felé, azonban az ibolya tartományban szisztematikus eltolódások vannak (minden szupernóvánál) a maximum után 300 nap elteltével 125—150 Å eltolódást ér el.

A maximum után 180 nappal a vizuális részben megjelennek 40 Å szélességű vonalak a $\lambda = 6299$ és 6359 Å-nél. Intenzitásuk fokozatosan nő, majd később azonosak lesznek a spektrumnak ezen a területén lévő részleteivel.

A fényes spektrumvonalaknak az ionok ismert spektrumaival való összehasonlítása folytán Minkowski arra a következtetésre jutott, hogy ezek képződésében a hidrogén és a hélium nem játszik lényeges szerepet és hogy valószínűleg ezért a gázok ionizációs foka magas. Ugyanis a hidrogén és a hélium nagyon gyakran előfordul az égitestekben és nehéz volna elképzelni, hogy ezek ott általában ne lettek volna. A 6299 és 6359-es vonalak jól egyeznek az OI*6300 és 6374-gyel és az, hogy a harmadik, az 5577 Å-ös hullámhosszú hiányzik, igen alacsony nyomás következményének tudható be.

A spektrum többi részletét hozzávetőleges pontossággal sem lehet azonosítani.

1940-ben Minkowski az NGC 4725-höz tartozó szupernóváknál olyan spektrumot talált, amely egyáltalán nem egyezik az előbbiekkel. Néhány nappal a maximum után folytonos lett és a távoli ultraibolyába nyúlt, hasonlóan az igen korai típusú csillagok spektrumához. A spektrumban semmiféle abszorpciós vonal sem volt látható, azonban egy emissziós vonalat lehetett sejteni a Hα környékén. A második ilyen típusú spektrumot a következő évben ő és Humason fedezte fel az NGC 4559-es galaktikához tartozó szupernóvánál. Megemlítenek ebben egy olyan vonalat, amelynek a centruma 5270 Å-nél van, elmosódott a határa 5095 Å-nél és éles a határa 5425 Å-nél. Igen halvány vonal volt az 5625—5760-as tartományban. Másik világos emissziós vonal húzódott a 6025 Å-ös hullámhossztól a 6470 Å-ig. Ennek maximuma volt 6285 Å-nél és egy halványabb maximuma 6530 Å-nél (lehetséges, hogy nem láttuk ennek a «II. típusú» szupernóvának az egész irodalmát).

Payne—Gaposchkin és Whipple megalkották elméletileg a szupernóvák spektrumának a «szintézisét». Abból indultak ki, hogy a csillag közönséges gázokat dob ki magából 6000 km/sec-os sebességgel és ezért a vonalak a spektrumban részben egymásra kerülnek és összekeverednek. A vonalak kontúrjait parabolának vették és az intenzitásokat elméletileg számították ki azzal a feltevéssel, hogy a vonalak azokhoz az elemekhez tartoznak, amelyek a nóváknál észrevehetők (kivéve a hidrogént); azonkívül feltételezték azt, hogy a spektrum gerjesztettsége körülbelül ugyanúgy nő, az idő folyamán, mint a nóváknál és a folytonos spektrumban az energiaeloszlás 10 000, 16 000 és 28 000°-nak felel meg.

Ezeknek a vonalaknak a relatív intenzitásait összegezve és figyelembevéve a lemezek érzékenységét, az atmoszféra abszorpcióját és a spektrogramm hullámhossztól függő diszperzióját, megkapták a szupernóvák «szintetikus spektrumait». Ezek sok észlelt spektrumhoz hasonlók. Az ibolyatartományban a vonalak említett vörös eltolódása 50 Å-nak adódott, azonban a szupernóvák spektrumának az interpretációjára és a bennük végbemenő változásokra vonatkozó kérdés általában nyitva maradt, mert az ismertetett kísérlet nem elég meggyőző.

3. Galaktikánk szupernóvái és a hozzájuk tartozó ködök

A Taurus csillagképhez tartozik az NGC 1952 köd. Alakja rákra emlékeztet (rák, angolul crab) ezért Crab-ködnek nevezik. Szögátmérője aránylag kicsiny (4′ × 6′), és igen gyakran a planetárikus ködök közé sorolják. Bár eléggé indokolatlan az, hogy alakja és a spektruma alapján a diffuz ködökhöz soroljuk, előbbi munkáinkban mégsem akartuk állandóan planetárikus ködnek számítani. Ez a köd véleményem szerint egyedülálló, természete szempontjából.

Valóban, alakját tekintve közepén sűrűsödő planetárikus ködre emlékeztet. Ennek a sűrűsödésnek a közelében két halvány 16-odrendű csillag van, ezek közül az egyik — úgy látszik magja a ködnek. Ennek a ködnek a spektruma egészen különleges. Ellentétben a planetárikus ködökkel, igen fényes a folytonos spektruma, a jelenlegi becslések szerint az egész köd sugárzásának 80%-át szolgáltatja. Igen intenzív az ultraibolyában. A világos hidrogén vonalak igen gyengék benne; a legújabb munka szerint (R. Minkowski) előfordulnak benne a He I., II., S II.* ND*, Ne III.*, 01*, 0II.* és 0III.* A fényes vonalakból álló spektrum általános képe az intenzitás szempontjából hasonló az NGC 6741 és 2440-es planetárikus ködök spektrumához. Az NII.* 6548 és 6584-es vörös vonalak fényesebbek benne, mint a Hα, és intenzitásuk helyről helyre változik a ködön belül. A spektrumvonalak középütt szét vannak szakadva, ugyanúgy mint a kitáguló planetárikus ködök spektrumaiban. De itt ez a szakadás óriási mértékű és fantasztikus kitágulási sebes-

ségről tanúskodik. A centrumban 1050 km/sec a kitágulási sebesség a vonalak szélénél pedig 1300 km/sec.

Másrészt még 1921-ben felfedezték azt, a ködről nyolcéves időközben készült két felvétel összehasonlítása nyomán, hogy a sűrűsödések mozognak benne (C. Lampland). A lemezpárnak közvetlen kimérése igazolta a köd kitágulását (J. Duncan). Két 29 éves időközre készült lemez összehasonlításából pontosan megállapították a tágulás adatait. Az egész ködöt átjáró fényes érrendszer csomóinak a közepes eltolódása évente 0″21 és a köd centrumából kiindulva radiálisan történik. A benne levő apró csillagok pozíciója alapján északon nem lehet felfedezni sajátmozgást, azonban délen a rektaszcenzió évente 0,″019-kal csökken.

Baade felhasználva azokat az adatokat, amelyek a köd belsejében levő érrendszer spektrumaiban látható N II* vörös vonalak erősödését állapítják meg, különböző színszűrőkön keresztül fényképezte a Crab-ködöt. A 6300—6700 Å-ös spektrumtartományban, amelyet egy bizonyos keskeny szűrő átengedett, azaz gyakorlatilag az N II* és a Hα vonalakban, vált el ez az érrendszer legjobban a köd amorf hátterétől. A köd maga folytonos spektrumot bocsát ki és a 7200—8400 Å spektrumtartomány fényében készült felvételeken látszik a legjobban, ahol az érrendszer kibocsátotta fényes vonalak hatása legkevésbbé érvényesül. Ilyen módon a köd mintegy két különböző egymással összefonódott részből, egy amorf és egy fényes részből áll. Ez az utóbbi gáz, az előbbi valami más, azonban aligha por, tekintettel a köd tökéletes átlátszóságára és arra, hogy a köd fényesebb, mint a magja.

A centrumhoz közeli kis csillagok közül az egyiknek $+0.^{m}80$, a másiknak $+0^{m}41$ a színindexe, vagy tekintetbe véve az intersztelláris abszorpció következtében fellépő színeződést, a színindexek $+0^{m}53$, vagy $0.^{m}14$-nek adódnak. A kitágulás szögsebességének a kitágulás spektrum alapján megállapított sebességével való összehasonlításából a köd távolsága 1000 párszek és ebből a köd sugara 0,64 párszek. Ha tekintetbe vesszük a fényabszorpciót, akkor az említett kis csillagok fotografikus abszolút fényessége $+4.^{m}8$, természetesen akkor, ha ezek valóban a ködhöz tartoznak, amihez — tekintettel centrális helyzetükre — nem fér kétség. A sárgább kis csillagnak abszorpciós vonal nyomait mutató F vagy G típusú spektruma van. A másik csillag spektruma folytonos és messze benyúlik az ultraibolyába. Ez a csillag magas hőmérsékletet mutat. Általában ezt veszik a köd centrumának és úgy tekintik, mint a köd sugárzásának forrását.

Minkowski megbecsülte a mag teljes kisugárzását a 3700—6600 Å spektráltartományban és azt találta, hogy ez a Nap sugárzását 350-szeresen múlja felül. A becslésnél abból indult ki, hogy a mag kisugárzása nem lehet gyengébb a köd folytonos spektrumában jelentkező teljes kisugárzásnál. Az utóbbit a köd fotografikus abszolút fényességéből

kiindulva annak a feltételezésével becsülte meg, hogy a köd spektrumában ugyanolyan az energiaeloszlás mint a Napéban. A köd magjára több mint 120 000°-ot kapott, feltételezve azt, hogy fekete testként sugároz. Megjegyezzük, hogy T > 100 000°-ot kaptak erre előzőleg, a köd és a mag fényessége között mutatkozó különbség alapján is (H. Zanstra). Feltételezve azt, hogy a mag nem fekete testként sugároz, az említett szerző 500 000°-os hőmérsékletet tart a legvalószínűbbnek a Naphoz képest 30 000 bolometrikus fényességgel, 0,02 rádiusszal és 180 000 sűrűséggel. Ezek a számítások azt mutatják, hogy a mag egészen különleges csillag, amelyhez hasonlót nem ismerünk. Valóban, ezek a számítások igen bizonytalanok, és lehetséges, hogy szerepe van itt annak a tudatalatti szándéknak is, hogy rendellenes ködhöz rendellenes magot találjunk. Azonban a mag törpe jellege kétségtelen, hiszen igen magas a hőmérséklete és ugyanakkor elég halvány. Ha nem ezt a csillagot tekintjük a köd magjának, akkor nem lehet csak egy $20.^{m}5$-nél nem fényesebb csillag a mag, mert fényesebb csillag a centrum közelében nincs. Ez pedig arra a következtetésre vezetne, hogy a hőmérséklet már millió fok nagyságrendű, de ennél a hőmérsékletnél a ködben az összes C, N és O atomok teljesen ionizált állapotban lennének, az pedig, mint látjuk, nincs így.

A köd folytonos spektrumában levő energiaeloszlásra vonatkozó durva becslések alapján, Minkowski arra a megállapításra jutott, hogy a 400—5000 Å-ös spektráltartományban a T = 8400°, az 5500—6700 Å-ösben pedig a T = 6700°-hoz tartozó Planck-féle görbe írja le az eloszlást. Ebben ő annak az igazolását látta, hogy a köd folytonos spektrumát a szabad elektronokon szóródó fény adja.

A Minkowski által kifejtett elmélet egy formulát szolgáltat az elektronok által létrehozott folytonos spektrumban levő energiaeloszlásra vonatkozóan. Ennek az eloszlásnak az észlelt eloszlással való összehasonlításából az elektronhőmérsékletet 23—160 ezer fokra, a köd tömegét pedig 15 naptömegre becsülte. A planetárikus ködöknél a burok tömegének legvalószínűbb értéke körülbelül 0,1 naptömeg körül van.

Barbier pontosabb mérések alapján a köd spektrumában a 4700—3300 Å tartományra vonatkozóan 5600°-os spektrálfotometrikus hőmérsékletet állapított meg, de a Balmer-széries határában lévő intenzitásugrást nem fedezte fel. Ebből arra következtetett, hogy az elektronhőmérsékletnek igen magasnak kell lennie, ami ellentmond annak, hogy a spektrum folytonos volta alacsony elektronhőmérséklettel jár. Másik magyarázata annak, hogy a Balmer-széries határán és He II. határán (λ = 5700 Å-nél) nincs ugrás, az lehetne, hogy a ködben kevés a hidrogén és a He II.

Ismerve a Crab-köd kitágulásának szögsebességét és feltételezve azt, hogy ez egyenletes volt, ki lehet számítani a köd keletkezésének

időpontját. E számítás szerint a köd körülbelül 800 évvel ezelőtt képződött, azaz 1170 táján (tekintettel a mérések pontatlanságára, a valószínű hiba egy évszázad körül van).

Közben, még 1921-ben, felhívták a figyelmet arra, hogy az égnek azon a részén, ahol most a Crab-köd van, a kínai évkönyvek szerint, 1054-ben egy «vendégcsillag», azaz valószínűleg egy nóva jelent meg. Kikutatták a japán és az arab szemtanúk feljegyzéseit is, amelyek ezt megerősítették. Mindegyikük megjegyzi azt, hogy a csillag a Jupiternél fényesebb volt és néhány hónapig ragyogott az égen.

Ezekből az adatokból már kétségtelenül meg lehet állapítani azt, hogy a csillag a Crab-köd közelében lángolt fel és valóban a mi Galaktikánkhoz tartozó szupernóvának kellett lennie. Erről tanúskodik a fényessége és a lassú fénycsökkenése is. Abból, hogy a csillag «idő és térbeli tevékenysége» és a köd megjelenése elég jól egybeesik, csaknem kétséget kizáróan adódik az a következtetés, hogy a különleges köd az 1054-es szupernóva fellángolás eredménye. Ennek a csillagnak kellett a ködöt kidobnia magából és kolosszális sebességgel folytatta tágulását mostanáig. A köd magja, láthatólag, vagy az a csillag, amely szupernóvaként lángolt fel, vagy az, amelyik ebből a fellángolás után megmaradt. Ennek a végleges megállapítása, természetesen igen fontos volna, egyrészt azért, mert elképzelést alkothatnánk a szupernóva fellángolás amplitudójáról, másrészt arról, hogy ez milyen eredményre vezet. Mindenesetre a szupernóváknál — amelyek annyira hasonlóak a nóvákhoz, de úgylátszik a jelenség méreteiben különböznek — a kivetett tömegnek is sokkal nagyobbnak kell lennie, mint a nóváknál, olyannak, amely elég masszív, kitáguló ködöt tud létrehozni ahhoz, hogy a térbeli kitágulás folytán egy évezred elteltével sem téveszthető szem elől.

Mindezen tényeknek a kivizsgálására természetesnek adódott az, hogy azoknak a nóváknak a tanulmányozásával foglalkozzanak, amelyeket 1572-ben a Cassiopeiában, illetve 1604-ben az Ophiuchusban észleltek. Hatalmas fényességük és lassú fényességcsökkenésük alapján ezeket is a mi Galaktikánk szupernóvái közé lehet sorolni. Sajnos azonban az akkori észlelések nem kielégítően pontosak és emiatt nem lehet biztosan azonosítani ezeket a csillagokat azon számos, igen halvány csillag egyikével sem, amelyek az égnek ezen a részén lá hatók. Sőt még ezeknek a Nova Cassiopeae helyén lévő halvány csillagoknak a színére és spektrumára irányuló vizsgálatok sem fedtek fel semmi olyat, amit úgy lehetne tekinteni, mint ennek a szupernóvának a fellángolás utáni maradványát. Nem volt látható semmiféle köd sem ezen a helyen.

Mindazonáltal Baade, tanulmányozva a Crab-köd sugárzásának a sajátosságait, kísérletet tett az 1572-es és az 1604-es csillagfellángolások helyén ködök felfedezésére. Olyan színszűrőkkel fényképezte ezeket a helyeket, amelyek csak a 6300—6700 Å-ös spektráltartományt engedték át. Az 1572-es csillag helyén nem talált semmit, azonban az 1604-es csillagra

vonatkozóan kísérleteit siker koronázta. A felvételen olyan köd foszlányait találta, amely közönséges fényképen nem volt látható és a régi észlelések analízise szerint néhány ívmásodperc pontossággal egybeesett az 1604-es csillag pozíciójával. Sajnos azonban egyáltalán nem hasonlított a Crab-ködhöz. Ennek a halvány fényfoszlánynak mindössze kb. 50″ átmérője volt, és a felületi fényessége 4^m-nál kisebb, mint a Crab-ködé. Minthogy ott a Tejútnak sötét ködei vannak és a csillagok színeződése 1^m-ot is elér, így a köd valódi felületi fényességének jelentékenyen nagyobbnak kell lennie az észlelt értéknél. Annak a helynek a közelében, ahol körülbelül a szupernóva lehetett, van egy 18^m6-os csillag. Ennek a színindexe kicsiny (nem lehetett-e ez a szupernóva?), a többi kis csillag vörös. Minkowski 16,5 órás expozícióval fényképezte ennek a ködnek a spektrumát és azt találta, hogy hasonló a Crab-köd spektrumához, fényes Hα 6548, 6584 N II.*, 6731 S II.* és 6300 O I.* vonalakkal, de a folytonos spektrum igen gyenge és gyengék a hidrogénvonalai is. A köd radiális sebessége 190 km/sec. Hogy van-e a vonalaknál hasadás, az a leírásból nem tűnik ki világosan, de semmi esetre sem haladhatja túl a 260 km/sec-ot. Mindkét észlelő szerint a mozgás nagy sebessége alátámasztja ennek a ködnek a szupernóvával való összefüggését.

Minkowski szerint, a Crab-köd erezete, amely a OI.* vonalakat sugározza ki, azonos azzal a tömeggel, amelyet a szupernóva 1000 km/sec sebességgel lökött ki, és ugyanazokat a spektrumvonalakat sugározza ki; a köd diffuz tömegét viszont azzal a tömeggel azonosítja, amely a szupernóvánál az alapspektrumot sugározta.

Ha a Crab-köd valóban az 1054-es szupernóva fellángolás eredménye, akkor hogyan magyarázható az, hogy az 1572-es szupernóva helyén semmiféle köd nem maradt, holott ez még fényesebb és hozzánk közelebb volt és a főkitörése is fele olyan régen játszódott le? Miért van az, hogy az 1604-es szupernóvához tartozó köd lényegesen kisebb és halványabb, mint a Crab-köd? Baade ez alkalomból különböző feltevéseket tett, de ezek mindezideig nem nyertek reális megalapozást. A nóváknál mintha nem volnának ekkora különbségek a kidobott burkok láthatóságában. Valamilyen köd minden nóvánál észlelhető, és ezek látszó fényessége a maximumkor két látszólagos magnitudónál fényesebb volt.

Véleményem szerint nincs kizárva annak a lehetősége, hogy az 1604-es és az 1572-es nóvák nem is voltak szupernóvák, hanem csak közönséges nóvák és nem hagytak hátra a kitörés után masszív ködöket. Ezeknek a csillagoknak az amplitudója akkor 22^m-nál nagyobb kellett hogy legyen. Az N Puppis 1942 amplitudója szintén nagyobb volt 17^m-nál. Az is lehetséges, hogy ezeknek a hajdani nóváknak van folytonos spektruma és van a spektrumnak ultraibolyába eső része is, amely az intersztelláris abszorpció miatt gyenge és nem vonta magára

eddig a kutatók figyelmét; azok között a csillagok között lehetnek, amelyeket azonosíthatatlannak tartanak ezekkel a nóvákkal.

Oort azt gyanítja, hogy a Cygnusban lévő két gigantikus méretű gyöngyalakú ködöt is egy szupernóva dobta ki magából és ennek a csillagnak jelenleg $12.^{m}5$-nál gyengébbnek kell lennie. Az NGC 6960-as köd mellett egy sötét köd szélén van és lehetséges az, hogy összeütközött ezzel és a kinetikus energiájának egy része alakul fényenergiává, t. i. a fénykibocsátás okául nem lehet felhozni a csillagkép egyetlen csillagát sem, mert ezek mindegyike gyengébb $12.^{m}5$-nál. Ez megmagyarázná azt, hogy miért vannak a ködben fényes «szálak», amelyeknek a szélessége $2-3''$-et is elér. Valószínűleg az intersztelláris közeg ellenállása okozta azt, hogy a hajdani szupernóva által kidobott gázok óriási sebessége ezeknek a fényes szálaknak a jelenlegi 75 km/sec-os sebességére esett. Összehasonlítva ezt a tágulás évente $0''.03$-es szögsebességével a köd távolsága 500, a köd átmérője 10 pársz[illegible]nek adódik.

Oort szerint a Crab-ködnél nagy sebesség maradt meg, tekintettel a köd nagy tömegére. Azt, hogy a belső amorf köd spektrumában nincs hidrogén és hélium, Oort azzal magyarázta, hogy a hőmérséklet néhány ezer fokra emelkedik a közegellenállás folytán beálló sűrűsödés miatt.

4. A szupernóvák energiavesztesége

Azt a sugárzási energiamennyiséget, amelyet a szupernóvák kitörésük alkalmával a fotografikus spektráltartományban sugároznak ki, ugyanúgy számítjuk ki, mint a nóvák esetében. Azaz kiszámítjuk a maximum abszolút magnitudóját és integráljuk a fénygörbét. Így azt találták, hogy a kb. -14 abszolút magnitudós szupernóvák ebben a spektráltartományban annyi energiát sugároznak ki, mint a Nap 4.10^{46} év alatt, azaz 8.10^{46} erg-et. Tekintetbevéve a többi spektráltartományba eső sugárzást is, azt a teljes sugárzási energiát, amelyet egy szupernóva kitörése alkalmával bocsát ki, közepesen legalább $10^{48}-10^{49}$ erg-re kell becsülnünk. Ez az energia nagyságrendben egyezik azzal az energiával, amelynek akkor kell felszabadulnia, ha egy közönséges elfajult gázokból álló csillag fehér törpévé alakul át. Egyesek megengedik, hogy ilyen ugrásszerű változások végbemennek egy szupernóva kitörésekor, de természetesen nincs helyük egy nóva kitörés esetén. Azonkívül, kimondták azt a feltevést is, hogy azok az atomok lennének a titokzatos kozmikus sugárzás forrásai, amelyek egy ilyen kitörés alkalmával lökődnek ki a térbe kolosszális sebességgel.

Kísérleteket végeztek annak az igazolására, hogy egy szupernóva fellángolás közelében kimutassák a kozmikus sugárzás intenzitásnövekedését, de ezek a kísérletek nem vezettek határozott eredményre.

Minkowski a szupernóva fellángolásban egy bizonyítékát látja Chandrasekhar azon elméletének, hogy $5,7\ \mu^{-2}$-nél nagyobb tömegű

csillagnál nem keletkezhet elfajult mag, hanem a tömegfeleslegtől úgy szabadul meg, hogy kilöki magából (μ a közepes molekulasúly, helyesebben az egy elektronra eső tömeg). A tömegkidobás után a mag betölti az egész csillagot és a sugara felére, harmadásra csökken.

Ez a fejlődés nem egyszerre történik. A csillag fényintenzitása lecsökken a Crab-köd magja jelenlegi intenzitásának a 10^{-6} -szorosára és így hirtelen a köd is láthatatlanná válik. A csillag rövid idő alatt a végállapotba jut. Ezzel magyarázza Minkowski azt, hogy jelenleg kevés Crab-ködhöz hasonló ködöt észlelünk. Annak az okát, hogy a csillagok fehér törpévé alakulnak, a tudósok többsége abban látja, hogy a csillag hidrogénkészlete kimerül a hidrogénnek héliummá való alakulása folytán. Az 1572-es csillagot Minkowski ellentétben Baade-val II. típusú szupernóvának számítja. Ezeknek a száma hatszorta nagyobb, mint az I. típusúak száma. Feltételezi azt, hogy ezeknél a tömegek kisebbek, mint a Chandrasekhar-féle kritikus tömeg. Ezért nem kell nagy tömeget kidobniok az átalakulás alkalmával és így a kilökött burok gyenge. Ezért nem látunk semmiféle ködöt az említett csillag helyén.

Zwicky szerint, a szupernóva kitörés alkalmával történő megdöbbentően nagyméretű és gyors energiafelszabadulást nem lehet megmagyarázni egyik, általában használatos energiaforrás segítségével sem. Ezért felvetette azt a gondolatot, hogy a főleg elektromosan töltött részecskékből álló közönséges csillagok az adott esetben óriási sűrűségű (10^{14}gr/cm) és meglepően kis sugarú (kb. 10 km) összetömörített neutroncsillagokká alakulnak. A neutroncsillag alatt egy olyan teljesen összepréselt csillagot értünk, amelynek az átlagos sűrűsége ugyanolyan nagyságrendű, mint a közönséges atomok magjában az anyagsűrűség.

Ugyanis nagyon nagy sűrűség és igen magas hőmérséklet mellett nagyszámú neutronnak kell keletkeznie, mert a szabad elektronok, mint mondani szokás, ilyen feltételek mellett az atommagokba «préselődnek» a magas nyomás miatt. Valóban várható az, hogy ilgen nagy sűrűség esetén létre kell jönni olyan folyamatnak, amely csökkenteni igyekszik a nyomást létrehozó részecskék számát.

A centrumban igen nagy sűrűséget azonban a csillag fejlődésének csak azokban a stádiumaiban lehet várni, amikor már az összes jelenlevő hidrogén átalakult összetett magokká, (főleg héliummá).

És ha a csillagban a gáz elfajult, akkor a magok nyomása elhanyagolható az elektronok nyomása mellett és a neutron képződés megindul.

Chandrasekhar bebizonyította, hogy az 5,7 $M_\odot : \mu_e^2$ — 6,6 $M_\odot : \mu_e^2$ tömegű csillag zsugorodási processzusánál az elektrongáz elfajulása mindig egy meghatározott stádiumban kezdődik, ugyanakkor azonban a nehezebb csillagoknál a centrum hőmérséklete olyan gyorsan emelkedik, hogy az elektrongáz az ideális gázok állapotában marad.

Ilyen módon a neutron képződés folyamata, amely a centrumban uralkodó nyomás gyors esésének felel meg, csak meghatározott tömegű csillagok esetében jöhet létre.

Meg kell jegyeznünk, a ϱ konstans sűrűséggel rendelkező neutroncsillagok esetében a klasszikus elmélet gravitációs effektusokra való alkalmazása még akkor is nehézségekbe ütközik, ha tekintetbe vesszük a relativitáselmélet egyes speciális princípiumait.

Kifejtve neutroncsillag-elméletét, Zwicky arra jut, hogy a közönséges (közönséges állapotú anyagból álló) csillagoknak teljesen összepréselt csillagokká való alakulását észleljük szupernóva kitörés formájában. A következő meggondolásokból indul ki:

1. Az a feltevés, hogy egy csillag neutroncsillaggá alakul, könnyen meg tudja magyarázni azt a meglepően hatalmas méretű energiafelszabadulást, amelyet egy szupernóva kitörés alkalmával észlelünk.

2. A szupernóva kitörés második sajátsága az, hogy egy bizonyos adott konfigurációnak egy, láthatólag tökéletesen más konfigurációba való átmenete rendkívül rövid idő alatt megy végbe, azokhoz az időtartamokhoz képest, amíg egy közönséges csillag általában átmegy valamiféle jelentős változáson (természetesen nem tartozik ide a Cepheidák pulzációja vagy a napfoltok számának változása). A szupernóvák keletkezésének a robbanásszerű jellege összefüggésben lehet azzal, hogy csak az elektroncsillagoknál olyan elenyészően csekély az anyag átlátszatlansága és ezért az a sugárzási energia elhagyva a csillag belsejét, igen gyorsan eléri a felszínt és kisugárzódik.

3. A szupernóvák spektruma, amennyire most ezt meg lehet ítélni, egyáltalában nem hasonlít a többi csillag spektrumához és lényegében véve nincs még feltárva. Mint azt később látni fogjuk, ha megengedjük azt, hogy a csillag neutronokból áll, akkor azok a fizikai feltételek, amelyek a szupernóva felszíne közelében a fényemisszió és abszorpció jellegét meghatározzák, tökéletesen szokatlanok és ennek megfelelően a spektrumnak különböznie kell minden ismert spektrumtól.

4. A fotografikus spektráltartományba eső fényes vonalak vörös eltolódásának Minkowski által felfedezett szisztematikus erősödését Zwicky egyik legfontosabb ténynek tartja és azt mondja, hogy a neutroncsillagok esetén fellépő vöröseltolódást a spektrumvonalak gravitáció térben történő általános realisztikus eltolódásával lehet magyarázni.

5. A közönséges nóvák esetén a fényváltozás teljes amplitudója, ahogy nemrég láttuk, néha a 17 magnitudót is meghaladja. A szupernóvák fényváltozásának az amplitudója nem ismeretes, de aligha lehet kisebb a közönséges nóvákénál. Zwicky szerint a szupernóvák csillag-maradványa fotografikusan legalább 20 magnitudóval halványabb kell legyen a maximumbeli szupernóvánál. Ennek az oka a neutroncsillagok esetében az előbb említett nagy átlátszóság lehet, azaz az ilyen csillag nem tud tárolni semmiféle felesleges sugárzási energiasűrűséget.

Azt a folyamatot, amely a szupernóvák spektrumában fotografikus spektráltartományba eső fényes vonalak vöröseltolódásának a növekedéséhez vezet az idők folyamán, Zwicky a következőképpen ábrázolja sematikusan. Létezik egy bizonyos karakterisztikus felület a szupernóváknál, amely elválasztja az intersztelláris térbe kilökött anyagot, a fokozatosan összehúzódó anyagrésztől (ez a rész ezen a felületen belül esik). Ez az összehúzódó anyag lesz azután a szupernóva «csillag-maradványa». Ennek a felületén keletkeznek azok a fényes vonalak, amelyek a spektrum fotografikus tartományában észlelhetők. A csillag-maradvány összehúzódása folytán a gravitációs erő által a felületen létrehozott feszültség növekszik, és növeli a spektrumban a vöröseltolódást.

A továbbiakban az IC II 4182-es spirálködben lévő szupernóvákra vonatkozó adatokat használjuk. Ennek a szupernóvának 1937 augusztus 22-én volt a fénymaximuma, és ekkor a fotografikus abszolut magnitudója —16,6 m volt. 1937 augusztus 22-től 1938 május 30-ig a spektrum kék részébe eső fényes vonalak közelítőleg $\Delta\lambda = 100$ Å-nyit tolódtak a spektrum vörös vége felé, miközben a

$$k = \Delta\lambda : \lambda = 0{,}2 \text{ volt.}$$

Összehasonlításképpen idézhetjük azt, hogy a Sirius kísérőjének és a Nap spektrumában a k értékek $6{,}10^{-5}$ és $2{,}1.10^{-6}$.

A szupernóva spektrumának a vörös részébe eső fényes vonalak lényegesen kevésbbé voltak állandók. Ezeknek az intenzitása változott és nem mutattak vöröseltolódást, ezért a vonalak szükségképpen azoknak a gázoknak a vonalai, amelyek a csillagtól messzebb helyezkedtek el és gyengébb gravitációs erőtérben voltak.

Ez a szupernóva a kitörés előtt halványabb volt 21 fotografikus magnitudónál, amely a köd 900 ezer párszeknyi távolsága mellett nem felel meg —4 abszolut magnitudónál többnek. A tömeg-fényesség görbe alapján tömegének 3.10^{34} gr, azaz 15 $M_\odot$-nél kevesebbnek kellett lennie.

Ebben az esetben szupernóvánk kitörés utáni vörös eltolódás alapján meghatározott lehetséges rádiusait a következő táblázat adja meg:

M	r_1
$2{,}2.10^{33}$ gr	8 km
2.10^{33} gr	74 km $= 10^{-4} \cdot r_\odot$
3.10^{34} gr	1100 km

A szupernóva csillag-maradványának közepes sűrűsége

M	ϱ
$2{,}16.10^{33}$ gr	10^{14} gr/cm^3
2.10^{33}	$1{,}2.10^{12}$
3.10^{34}	$5{,}2.10^{9}$

A 10^{14} gr/cm^3-es sűrűség tiszta neutroncsillagnak felel meg. Ilyen csillag, minthogy tökéletesen átlátszó, nem tudná sugárzását tovább tartani,

mint néhány másodperc, ami viszont ellentmondásban van a szupernóva-fényesség észlelt fokozatos csökkenésével.

Ilyen módon a szupernóvák tömege

$2{,}16 . 10^{32}$ gr $< M < 3 . 10^{34}$ gr

tehát gyakorlatilag a közönséges csillagok tömegével megadott határok között van.

Ha az 1938 június 1-i csillag-maradványt $M = M_{\odot}$ tömegűnek vesszük, akkor a maximális $9{,}52 . 10^{52}$ erg energiából, amely aközben szabadult fel, hogy a csillag a 10^{14} gr/cm^3 sűrűségű végkonfigurációra zsugorodott össze, több mint 20%-a szabadult fel 1938 június 1-ig. Ennek csak 0,5%-a sugárzódott a vizuális tartományon. A többi résznek ultraibolya, infravörös sugárzási energia, kinetikus energia, hőenergia, ionizációs energia, magreakcióknál szereplő energia, kozmikus sugárzás energiája és így tovább, formájában kellett felszabadulnia.

Az IC II 4182-ben lévő szupernóva hőmérsékletének az alsó határát meg lehet becsülni, ha összehasonlítjuk a csillag sugarát az erre az időre eső teljes sugárzással. 1938 júniusában a $-9^m{,}5$ fotografikus abszolút fényesség mellett a teljes sugárzás

$$L > 3{,}78 . 10^{39} \text{ erg/sec. volt.}$$

Ebben az időben a csillag sugara 8 km $< r, <$ 1100 km volt.

A számítások eredményeit a következő táblázat mutatja:

M	T 10^6 fokokban
$2{,}16 . 10^{32}$ gr	5,5
$2 . 10^{33}$	17,6
$3 . 10^{34}$	45,4
$3{,}8 . 10^{34}$	40,3

Tekintettel az igen nagy effektív hőmérsékletre, természetes azt várni, hogy a szupernóva spektrumának tökéletesen más jellegűnek kell lennie, mint a közönséges csillagok spektrumának, hiszen ezeknek a hőmérséklete nem haladja meg a 100 000°-ot.

Nem tárgyaljuk a szupernóva jelenség megmagyarázására felállított többi elméletet. Nem azért tesszük ezt, mintha kevésbbé bíznánk bennük, mint a fent tárgyaltakban. Azonban mielőtt bármilyen kielégítő elméletet lehetne felépíteni a szupernóvák keletkezésére, magát a jelenséget kell összehasonlíthatatlanul teljesebben kivizsgálni, mint az jelenleg van. Túlságosan sok az előzetes tennivaló mind a szupernóvák észlelése, mind maguk a szupernóvák, mind pedig a hozzájuk tartozó ködök spektrumainak az interpretációja területén. Többek között ezeket az elméleteket erősen befolyásolná pl az, hogy elég folytonos átmenet van a közönséges nóvák és a szupernóvák fényessége között, feltéve, hogy egy ilyen tényt sikerülne biztosan megállapítani.

B. A. Voroncov-Veljaminov

SZUPERNÓVAKATALÓGUS

Év	NGC	A galaktika tipusa	Csillagkép	Észlelt M_{SN}	m − M	Extrapolált M_{SN}	A görbék tipusa
1054	a mi	Sb	Tau	−6	—	−16,9	?
1572	galaktikánk	Sb	B Cac	−4,1	—	−13,1	I
1604		Sb	Oph n° 1	−2,6	—	−12,1	I
1664	224(2)	Sb	And	6	22,2	−16,2	?
1885	224(1)	Sb	S And	6,5	22,2	−15,1	II
1895	4424	Sb	Vir	12,5	26,7	−14,2	IV
		pec	Z Cen	7,9	25,5	−18,4	I
1889	5253	Sa, Irr					
1901	2535	SBc	Cnc	14,5	28,2	−13,7	?
1901	4321(1)	Sc	Com	15,6	25,7	−14,3	I
1908	5457	Sc	SS UMa	13,3	23,8	−10,5	IV
1914	4321(2)	Sc	Com	15,7	26,7	−12,7	?
1915	4527	Sc	Vir	15,5	26,7	−13,7	III
1917	6946(1)	Sc	Cep	14,6	25,3	−12,4	III
1919	4486(1)	EO	Vir	12,3	26,7	−14,4	II
1920	2008	SBc	Cnc	12,0	28,1	−16,1	IV
1921	3184(2)	Sc	UMa	13,9	25,4	−12,0	?
1921	3184(3)	Sc	UMa	11,1	25,4	−14,3	III
1922	4486(2)	EO	Vir	—	26,7	—	?
1923	5236	Sc	Cen	14,1	24,8	−10,7	IV
1926	4303	SBc	Vir	14,3	26,7	−12,7	I
1926	6181	Sc	Her	14,8	27,4	−13,2	?
1935	IC4652	—	Ara	16,5	—	—	?
1936	4273	Sc	Vir	14,4	26,7	−12,5	I
1936	01^h18^m +15°	SBc	Psc	14,0	—	—	?
1937	4157	Sc	CVn	16,2	26,5	−11,7	IV
1937	22^h07^m −23°	SBc	Aqr	15,3	—	—	?
1937	IC 4182	Sc	CVn	8,5	24,8	−16,3	III
1937	1003	Sc	Per	13,0	26,8	−13,8	III
1937	3184(1)	Sc	UMa	13,8	25,4	−11,9	I
1937	1482	Sa pec	Eri	15,0	29,6	−14,6	?
1938	2672/73	E_2, E_0	Cnc	15,5	(27,8)	(−12,3)	?
1938	02^h34^m +34°	SBc	Per	15,2	29,8	−15,8	III
1938	3184(4)	Sc	UMa	13,1	25,4	−12,3	?
1939	4636	E1	Vir	12,3	26,7	−14,4	II
1939	4621	E5	Vir	11,5	26,7	−15,2	II
1939	6946(2)	Sc	Cep	13,3	25,3	−12,0	III
1939	00^h54^m +5°	Sb	Cet	15,0	29,2	−14,2	?
1940	5907	Sb	Dra	13,5	26,7	−13,2	?
1940	4725	SBb	Com	12,5	25,8	−13,3	?
1940	4545	—	Dra	15,0	—	—	?
1940	253	Sc	Scl	14,0	24,9	−11,0	?
1941	4559	Sc	Com	13,5	25,8	−12,3	?
1941	3254	Sc	LMi	15,0	(27,1)	(−12,9),	?
1945	5195	—	CVN	14,0	24,0	−12,8	I
1948	6946(3)	Sc	Cep	16,0	25,3	—	?

A TUDOMÁNY ÉS A VALLÁS A VILÁGMINDENSÉG SZERKEZETÉRŐL

A csillagászat tudománya mindazokat a kérdéseket érinti, melyek a materialista világnézet kialakulása szempontjából döntő jelentőségűek. A csillagászat eredményei alapján tudunk helyesen válaszolni arra a kérdésre, milyen a világmindenség szerkezete, milyen helyet foglal el ebben a Föld és az ember, öröktől fogva létezik-e a világ, megismerheti-e az ember a világot.

A csillagászat a megfigyelés, a megfigyelt tényekből levonható tudományos következtetések útján tárja fel lépésről lépésre a világmindenség valóságos szerkezetét. De nemcsak a tudomány foglalkozott azzal a kérdéssel, hogy milyen a világ.

Minden dogmatikus vallás ad valamilyen misztikus, mesés magyarázatot a világ keletkezésére és felépítésére. Épp úgy mint a természeti vallás, minden tételes vallás is ellensége a tudománynak. Mert a tudomány teljes egészében a materialista világnézet alapján áll és a tények erejével semmisít meg mindenféle idealista felfogást. A vallás ezzel szemben semmivel sem bizonyítható dogmákból indul ki, ellentmond a megállapított tudományos tényeknek, elferdíti és összezavarja a valóságot.

A csillagászat fejlődése mindig visszatükrözte a materializmus harcát az idealizmus ellen, a tudományos igazság harcát a vallásos előítéletek és babonák ellen. A világmindenségre vonatkozó vallásos elképzelések azokban a régi időkben keletkeztek, amikor a csillagászati megfigyelések még igen hiányosak voltak. Az emberek a világot olyannak képzelték, amilyennek az a felületes, közvetlen benyomások alapján látszott. A természet erőinek való teljes kiszolgáltatottság azt a hiedelmet szülte, hogy a természeti jelenségek mögött egy természetfeletti világ van. A biblia és a különböző vallások «szent» könyvei a régi korok emberének ezt a naiv természetszemléletét tükrözik vissza.

A világmindenségre vonatkozó vallásos legendáknak alapja az a mítosz, mely párezer évvel időszámításunk kezdete előtt az ókori Babilóniában alakult ki. Ez az ősi mítosz költemény formájában beszéli el, hogyan lett úrrá Marduk, a rend, a világosság, a jóság istene a gonoszság, a sötétség, a semmi hatalmain, hogyan osztotta el az égen a csillago-

kat és végül miként teremtette meg az embert, akinek feladata «gondoskodni az istenekről». A legenda bejárta az ókori kelet nagy részét és összeolvadt más, vallásos mondákkal. Hatással volt a korabeli zsidóság primitív vallásos nézeteire is és így keletkezett a Mózes fogalmazásának tulajdonított és a keresztény vallások által is átvett bibliai teremtéslegenda.

A biblia az úgynevezett Teremtés Könyvének (vagy Genezisnek) 1. és 2. fejezetében leírja, hogy isten az idők kezdetén a semmiből teremtette a világ anyagát és azt hat nap alatt rendezte. Külön Földet és külön eget teremtett, majd elválasztotta a világosságot a sötétségtől, a felső vizeket az alsótól, a szárazföldet a tengertől. Ezután az isten benépesítette a világot. Az égre helyezte a Napot és a Holdat az ember szolgálatára. A Napot azért, hogy nappal, a Holdat azért, hogy éjszaka világítson. A Károli Gáspár-féle egyik régi magyar bibliafordításban így olvashatjuk a Napra és Holdra vonatkozó szakaszokat: «Azután mondá az Isten: Legyenek világosító állatok az égnek kiterjesztésén, hogy különbséget tegyenek a nap közt és az éjszaka közt: és legyenek jelei bizonyos időknek, napoknak és esztendőknek. Legyenek — mondok, világosító állatok az égnek kiterjesztésén, hogy világosítsák a földet: és úgy lett. Szerzé ezért az Isten két nagy világosító állatokat: a nagyobbik világosító állatot, hogy világosítana nappal: a kisebbik világosító állatot, hogy éjszaka világosítana: és tsillagokat is. És helyezteté az Isten azokat az égnek kiterjesztésén, hogy a földet megvilágosítanák.»

A Genezis további szakaszai szerint azután az isten sorban megteremtette a növényeket és állatokat, végül pedig a hatodik napon a maga képére és hasonlatosságára az embert, akinek legfőbb feladata itt is, mint a babiloni mítoszban, az istent szolgálni.

A bibliai legenda híven tükrözi, hogy milyen kezdetleges fogalmaik voltak a biblia íróinak a természetről. Nem tudták, hogy a hajnali és alkonyati szürkület világossága is a Naptól származik, mert szerintük az isten az első napon választotta szét a világosságot a sötétségtől és csak a negyedik napon teremtette meg a Napot. A Napról és Holdról nem tudtak többet, mint hogy kis, fénylő korongocskák, afféle égi lámpások. Az égboltot valami szilárd búra-félének képzelték, ahova be vannak verve a csillagok és amely felett «felső vizek» helyezkednek el és ha időnként megnyílnak az «ég csatornái», eső alakjában hullanak a Földre. Nem ismerték még tehát akkor a víz körforgását a természetben. Azért beszéltek a tengerek és szárazföldek «különválasztásáról», mert nem tudhatták, hogy a Föld felszíne a Föld fejlődése során állandóan változott, a Földnek ugyanazon a helyén hol tenger, hol szárazföld volt található. Annak mintájára, hogy az általuk ismert tárgyakat, a kőbaltát vagy a kunyhót meg kellett csinálnia valakinek, nem tudták másképpen elképzelni, minthogy a Földet, a Napot, a Holdat és csillagokat is valaki «csinálta», egy embernél hatalmasabb, természetfeletti lény.

A bibliának vallásos legendák és érzéki csalódások keverékéből álló világképe szerint isten a semmiből olyan véges világot teremtett, mely «alsó» és «felső» részre, a Földre és az égre válik ketté. A világmindenség tetőpontja az ég, mindenben különbözik a világ alsó részétől a Földtől. Az égben az isten lakozik és onnan kormányozza a világot. A középkorban a feudalizmus hierarchiájának megfelelően az égbe még különböző rangfokozatú természetfeletti lényeket: arkangyalokat, angyalokat, szenteket, «üdvözült» lelkeket helyeztek. A «látható» világ mozdulatlan középpontja a Föld, melynek különleges, kivételes helye van a világban. Az egész világot az ember kedvéért teremtették, az ember a teremtés «végcélja», a «teremtés koronája». Ha az ember a legmagasabbrendű teremtmény, akkor csak a világmindenség központjában élhet, tehát a Földnek a világmindenség középpontjában kell lennie.

Ez a helytelen antropocentrikus és geocentrikus, biblikus világkép az alapja magának a vallásos világnézetnek. Ezen alapul az a káros hiedelem, hogy az ember nem ura saját sorsának, hanem ezt az a felsőbb hatalom intézi, aki saját képére és hasonlatosságára teremtette az embert és a világmindenség középpontjába, a Földre, helyezte. Nem azért, hogy megismerje a világot, hanem hogy ezt a felsőbb hatalmat szolgálja és mint ennek «kifürkészhetetlen rendelkezésébe» nyugodjon bele az elnyomásba, kizsákmányolásba, nyomorba és mindezekért a szenvedésekért kárpótlást majd a «másik» világban, a világmindenség «felső» részén, a mennyországban reméljen.

Ezért halálos ellensége a vallás a tudománynak, amely a valóságos világot ismerteti meg az emberrel.

A világról alkotott vallásos világkép már a fejlődő tudomány első lépései következtében inogni kezdett. A csillagászat az ókori görög rabszolgatársadalomban lett tudománnyá. A görög bölcselők már rájöttek, hogy a Föld nem a világ alsó része, hanem gömbalakú és szabadon lebeg, a térben. I. e. 500 évvel Anaxagorasz azt tanította, hogy vannak más Földhöz hasonló égitestek is a világban. Ekkor ütközött össze először a csillagászat a vallással. A papok bebörtönözték Anaxagoraszt.

A hűbéri társadalomban a termelőerők lassan fejlődtek, a természettudományok művelésére kevésbbé volt szükség. Az egyház szellemi diktatúrája a bibliát tette minden tudás alapjává és könyörtelenül üldözte azokat a haladószellemű tudósokat, akik a Föld valóságos helyzetére vonatkozó igazságokat tanították. A csillagászatnak hosszú harcot kellett megvívnia az egyházi reakcióval, amíg bebizonyította, hogy a Föld nem a világmindenség mozdulatlan középpontja, hanem csak egy közönséges bolygó, mely tengelye körül forogva kering a Nap körül. Az egyház 1327-ben D'Ascoli olasz csillagászt, mert a Föld gömbalakú voltát tanította, azzal az indoklással, hogy a bibliában nincs említés a Föld tulsó oldalán lakó emberekről, mint eretneket máglyán elégettette. Ugyanerre a sorsra jutott a nagy olasz természetfilozófus, Giordano Bruno, aki tovább-

fejlesztette Kopernikusz heliocentrikus világképét s megsejtette a világmindenség végtelenségét és más bolygórendszerek létezését. Galileit az inkvizíció megkínozta és életfogytiglani őrizetre ítélte. Máglyán égették el Vaninit is, aki azt tanította, hogy az anyag öröktől fogva létezik.

Az egyházi reakció azonban sem máglyával, sem fenyegetéssel nem állíthatta meg a csillagászat további fejlődését. A távcsővel tett felfedezések véglegesen tisztázták a Föld helyzetét a világmindenségben. Bebizonyosodott, hogy a Föld és a bolygók egytípusú égitestek.

Az újabbkori csillagászat eredményei tovább rombolták a biblikus világképet és még szélesebb perspektívákban mutatták meg, hogy a Föld és a rajta élő ember mennyire nem különlegesség a világmindenségben. A távoli csillagvilág megismerése után nyilvánvaló lett, hogy a Nap sem a világ közepe, hanem csak egyike a Tejútrendszer sokmilliárd csillagának. Az apró fénypontocskáknak látszó csillagok a valóságban a Földnél százszor, ezerszer, sőt milliószor nagyobb napok, melyek körül éppenúgy bolygók keringenek, mint a mi Napunk körül. A modern csillagászat a hozzánk legközelebbi csillagoknál be is bizonyította, hogy bolygók keringenek körülöttük. Vannak tehát más bolygórendszerek is a mienken kívül.

A helyes világnézet kialakulása szempontjából rendkívül nagy jelentőségű volt, hogy a színképelemzéssel meg lehetett állapítani, miből vannak a csillagok. A csillagok ugyanazokból az anyagokból állanak, mint a Föld. Sehol sincs más a világmindenségben, mint a Földön jól ismert anyag. Ezzel véglegesen megdőlt az a vallásos tanítás, hogy a világ kettéválik a Földre és az égre, hogy az égitestek különleges dolgok, amikre a Földön megismert törvények nem vonatkoztathatók. A vallásnak a Föld és az ég szembeállításában ugyanaz az idealista nézete nyilvánul meg, mely az egységes anyagi világot isten, természet, szellem, anyag, test-lélek ellentétekre akarja felbontani. Ebből a vallásos felfogásból az következnék, hogy az égitesteket nem alkothatja ugyanaz az anyag, mint a Földet.

Ennek a felfogásnak helytelenségéről bárki már a legegyszerűbb távcsőbe vetett futólagos pillantás alkalmával is meggyőződhet, mert a legkisebb távcső is megmutatja, hogy a Holdat éppenúgy hegyek és völgyek borítják, mint a Földet. A Hold egyáltalában nem valami «különös» dolog.

Ugyanezt bizonyította be a távoli csillagok műszeres vizsgálata: a csillagok is ugyanolyan anyagból vannak mint a Föld, az «ég» semmiben sem különbözik a Földtől és ugyanazok a természeti törvények érvényesek a világmindenség bármely táján, mint a Földön. Az égitestek mozgása tökéletesen megmagyarázható az általunk jól ismert természeti törvényekkel és semmi szükség nincsen a világot kormányozó misztikus szellemi lény feltételezésére.

A csillagok rendszere: a hatalmas Tejútrendszer méretei mellett teljesen eltörpülnek a Föld és a mi bolygórendszerünk méretei. A Föld kivételes helyzetét tanító biblikus világképnek utolsó foszlányait is szerteoszlatta, hogy a Nap sincs a Tejútrendszer középpontjában. A Nap nemcsak semmiféle tulajdonságával, de helyzetével sem tűnik ki a többi csillag közül.

De még ennél is tovább szélesedett az ember tudása a világról. A korszerű csillagászati műszerekkel készített fényképfelvételek bebizonyították, hogy a mi Tejútrendszerünk sem az egyetlen a világon, hanem hozzája hasonló hatalmas csillagrendszerek megszámlálhatatlan sokaságban léteznek a világmindenségben. Minél nagyobb műszereket készítenek a csillagászok, annál nagyobb messzeségben lévő és annál több ilyen külső tejútrendszert észlelnek. Hiába növelik azonban a távcsövek teljesítőképességét, sohasem érnek el a világmindenség határára, mert a világmindenségnek sehol sincs határa, a világmindenség végtelen.

Meddőek maradtak azok a vallásos próbálkozások is, melyek a Tejútrendszer és a külső tejútrendszerek létezése ellenére a világ valamilyen «minőségi» középpontjának akarták beállítani a Földet. Ezt úgy próbálták alátámasztani, hogy élet egyedül csak a Földön lehetséges és a Föld ezáltal mégiscsak különleges helyet foglal el a világmindenségben.

A biológiai kutatásokból nyilvánvalóvá lett, hogy az élet nem csoda, hanem az élő anyag törvényszerűen fejlődik az élettelen anyagból, ahol erre megvannak az alkalmas feltételek. A csillagászat eredményei szerint pedig számtalan, a Földhöz hasonló égitest létezhet. Ezeken éppúgy törvényszerűen kialakulhat és ki is kell alakulnia az életnek, mint a Földön. De konkrét bizonyítékai is vannak erre a csillagászatnak. Tyihov szovjet csillagász a földi növényzet és a Mars színes foltjainak fényelnyelő és fénytvisszaverő tulajdonságainak összehasonlításából kimutatta, hogy a Marson növények élnek és az újabb vizsgálatok szerint ezek nemcsak alacsonyrendű mohák és zuzmók, hanem magasabbrendű klorofilos növények is lehetnek.

A materialista tudomány megdöntötte a világ „keletkezésére" vonatkozó vallásos elképzeléseket is.

Lomonoszov, a nagy orosz tudós ismerte fel először, majd a 19. század nagy fizikusai: Carnot, Mayer, Helmholtz és Joule pontos mérésekkel kísérletileg is bebizonyították azt az igazságot, hogy anyagot soha, semilyen körülmények között sem megsemmisíteni, sem létrehozni nem lehetséges. Az anyag öröktől fogva létezik és sohasem hozták létre a semmiből, sohasem teremtették. Az anyag megmaradásának törvénye tudományosan megcáfolja azt a legendát, hogy isten a világot a semmiből teremtette.

A dialektikus materialista szemlélet segítette hozzá a tudósokat, hogy az égitestek keletkezését a maga valójában megismerjék. Az anyagi-

lag egységes világ térben és időben végtelen. A világot senki sem teremtette, örök időktől fogva létezik és örökké létezni fog, miközben szüntelen fejlődésben, szakadatlan mozgásban és változásban van. Szüntelenül új égitestek alakulnak ki a világmindenség öröktől fogva meglévő anyagából, ugyanakkor már meglévő égitestek szétesnek, más formájú anyaggá alakulnak. Smidt szovjet akadémikus tudományos magyarázatát adta a Föld keletkezésének. A Föld nem isten parancsára jött létre, hanem apró meteorok összeállásából keletkezett, természeti törvények alapján. Ambarcumján, Sztálin-díjas szovjet csillagász bebizonyította, hogy napjainkban is keletkeznek csillagok. A csillagok tehát nem valamikor egyszerre jöttek létre az isten teremtése következtében, hanem folyamatosan, öröktől fogva tart ma is a csillagok kialakulása. A világmindenség fejlődését semmiféle isten nem irányítja, hanem az anyag mozgástörvényei szerint megy végbe. Nincs a világmindenségnek egyetlen jelensége sem, amit ne tudnánk megmagyarázni az anyag mozgástörvényei alapján és sehol sincs szükség valamilyen isteni közreműködés feltételezésére.

A csillagászat tudománya, amikor megcáfolja a hamis biblikus világképet, nemcsak a világmindenség valóságos szerkezetét tárja fel, hanem csapást mér magára a vallásos világnézetre is.

Mindennek ellenére a bibliai nézetek napjainkig megmaradtak és ma is alapjai a különböző vallásos felfogásoknak. A kizsákmányoló osztályok a vallást használják fel arra, hogy az elnyomott néptömegek öntudatát befolyásolják. A vallás a dolgozókat az urakkal szembeni engedelmességre, passzív magatartásra neveli, hogy türelmesen elviseljék az igazságtalanságot, szegénységet, jogtalanságot és elnyomást.

A vallás védelmezői ezért továbbra is igyekeznek elhitetni, hogy a bibliát valamiféle isten sugalmazta és ezt kell elfogadni a világról szóló tanítás alapjául. Az egyház egészen 1822-ig eltiltotta Kopernikusz könyvének olvasását, Giordano Bruno írásait pedig ma is indexen tartja. A vatikáni zsinat 1870-ben hirdette ki: «Kitagadott legyen, aki elveti azt, hogy a Szentírás könyvei, egészükben és minden részükben isten kinyilatkoztatásai». Ugyanez az egyház álláspontja ma is: «A Szentírás istentől ered, tehát tévedéseket nem tartalmaz: isten nem taníthat tévedéseket.»*

Ugyanakkor a vallásos emberek előtt is teljesen világos, hogy a biblia olyan súlyos tévedéseket tartalmaz, amit semmiféle magyarázatokkal nem lehet elködösíteni.

Reménytelennek látszik ma már az egyház számára, hogy tagadja a Föld mozgásait, vagy akárcsak a csillagászat újabb eredményeit, pl. hogy az égitestek nem egyszerre keletkeztek, vagy több bolygórendszer is létezik és hogy a világmindenségben a fejlődés elve érvényesül.

*Schütz: Katolikus hitvédelem. Szent István Társulat kiadása 1946. 141. oldal.

Hogy mindez homlokegyenest ellentmond a biblia kijelentéseinek, azt úgy próbálják magyarázni, hogy a biblia nem természettudományos értekezés, hanem «nagy valláserkölcsi igazságok isteni okirata«. A természetről és annak dolgairól nem a mai tudományok nyelvén szól, hanem az illető kor nyelvén, többnyire népies módon. Tárgyilagosan szemlélve azonban a dolgot, bárki megállapíthatja, hogy nem «stílusról» van szó. Valóban lehet valamilyen tudományos igazságot népszerű formában kifejezni, de milyen «népszerűsítése» az a Naprendszernek, hogy a Nap kering a Föld körül?

Az egyház itt maga is érzi, hogy valami sehogyan sincs rendjén és képtelen következetes álláspontot elfoglalni. A már idézett Katolikus Hitvédelem más helyén azt olvashatjuk, hogy a «Szentírás» és a tudomány között nem lehet ellentmondás. S ha valaki ilyet mégis talál, annak az lehet az oka, hogy a tudományos kijelentés nem végleg megállapított igazság, hanem merő vélemény, mely kiigazításra szorul. Akad-e vajjon valaki, aki elhiszi az egyháznak, hogy miután Kolumbusz és Magellán után már minden irányban, hajón és repülőgépen számtalanszor körülutaztuk a Földet, a Föld gömbalakjának ténye csak «merő vélemény»? «Kiigazításra» szorulhat-e valaha az igazság, hogy Földünk tengelye körül forog és a Nap körül kering? Ilyen «kiigazításokkal» csak a burzsoázia diplomás lakájai próbálkoznak, akik közül egyesek olyan képtelen ötleteket agyalnak ki, hogy végeredményben mindegy, hogy a Föld forog a tengelye körül, vagy pedig a Föld mozdulatlan és a világmindenség forog körülötte. Természetesen nem ártatlan fantáziálások ezek, hanem azt akarják elhitetni, hogy a pápáknak Kopernikusz, Giordano Bruno, Galilei ellen folytatott szégyenteljes harcában éppenúgy a pápának is igaza lehetett és ezzel a világreakció fejének, a Vatikánnak politikai tekintélyét akarják megerősíteni.

Az egyház mai képviselői közül többen azt hangoztatják, hogy a Genezist nem szükséges szószerint értelmeznünk. A «napok» csak bizonyos szakaszokat jelentenek, pl. a «hetedik nap» máig is tart. Nem a természettudományos részletek a fontosak, hanem a biblia az akkori emberek tudásának megfelelő fogalmakkal azt a «nagy vallási igazságot» fejezi ki, hogy isten nem része a világnak, hanem abszolút személyes lény, aki a semmiből teremtette a világot az idők kezdetén. Ez szerintük a lényeg, amire alapítani kell a vallásos világnézetet.

Csakhogy, mint láttuk, a tudomány a semmiből való teremtés legendáját is megcáfolta. Az anyag és energia megmaradásának törvényét az egyház sem tudja letagadni és fogas kérdés számára, hogyan lehet ezt a teremtés meséjével «összeegyeztetni». Kénytelen elismerni, hogy a tapasztalat valóban azt mutatja, hogy anyag se el nem tűnhet, se nem keletkezhet. Ezzel az egyház maga is elismeri, hogy az imperialista országok «tudósainak» Jordánnak, Hoylenak és Bondinak képtelen elméletei,

melyekben arról beszélnek, hogy az anyag mindenütt ok nélkül születik a «semmiből», szakítást jelent a tudománnyal. De nem kevésbbé képtelenség, ahogy az egyház próbál kiutat keresni az anyag és energia megmaradásának törvényéből. Azt mondják ugyanis, hogy *ma* valóban nem keletkezhet anyag a semmiből, de lehetséges, hogy a távoli multban az megtörténhetett! Kevés ennél tudománytalanabb feltevés látott még napvilágot. Ennek a tannak hirdetőire is teljesen ráillenek a filozófus Bacon szavai, hogy tudatlanságukban a természetet rágalmazzák. Nincs a tudománynak egyetlen adata sem, mely ne a természeti törvények változatlanságát bizonyítaná. A tudomány megállapításait Engels foglalta zseniálisan össze, aki így ír erről a «Természet dialektikája» c. művében: «...az anyag minden véges létformája, akár nap- vagy ködfolt, akár egyes állat vagy állatfaj, vegyi kapcsolat vagy szétválás, egyaránt mulandó és semmi sem örök benne, csak az örökké változó, örökké mozgó anyag és a *törvények, melyek szerint mozog és változik*».* (Kiemelés tőlem. R. G.)

A tudomány cáfolhatatlan érvei ellenére az egyház mindig különösen támadta a különböző kozmogóniai elméleteket, melyek bebizonyították, hogy az égitestek keletkezését meg lehet magyarázni minden isteni beavatkozás nélkül. A kozmogónia tudománya is fokozatosan közelíti meg a valóságot és a régebbi kozmogóniai elméleteknek természetesen sok hibájuk volt. A régebbi elméletekben többnyire szerepelt valamiféle «ősköd», amiből a bolygók, vagy más égitestek kialakultak. Kant és Laplace is így magyarázták a Naprendszer keletkezését és a Kant—Laplace-elmélet megdöntése után is sokáig beszéltek Jeans idealista csillagász elméletéről, mely a Tejútrendszer csillagait származtatta az ősködből.

A vallás védelmezői ilyenkor mindig azzal az érveléssel állottak elő: honnan az ősköd? Honnan annak első fizikai és kémiai állapota, honnan a mozgás?

«De honnan a mozgás és honnan a köd? Erről a természettudomány hallgat s jól teszi, mert nem tartozik hozzá».**

Az ilyen kijelentéseket arra alapították, hogy a régebbi metafizikus materializmus valóban nem tudott feleletet adni arra a kérdésre, honnan származik a mozgás. Úgy képzelték, hogy az anyag tehetetlen tömeg és csak valamilyen külső erő hozhatja mozgásba. Newton is úgy képzelte, hogy valamilyen természetfeletti erő, az első isteni lökés indította el a világmindenség mozgását.

A dialektikus materializmus segítségével azonban fel lehetett ismerni, hogy nincsen anyag mozgás nélkül, az anyag létezési módja a mozgás. Az anyagot semmi sem mozgatja, hanem saját maga és sehol anyag mozgás nélkül nem volt és nem lehet. A modern természettudományok minden-

*Engels: A természet dialektikája. Szikra 1950. 25. oldal.
**Prohászka: Isten és a világ. Szent István Társulat kiadása. 57. oldal.

ben azt igazolták, hogy az anyag egyáltalában nem passzív, tehetetlen tö neg, hanem mérhetetlen energiák hordozója. Mind az atomot felépítő legkisebb részecskék, mind a hatalmas égitestek szüntelenül mozognak. A pontos mérések kimutatták, hogy az «állócsillagok» is rendkívül nagy sebességgel mozognak. A mozgásnak nincsen semmi természetfeletti oka, a mozgás az anyag elidegeníthetetlen sajátsága, létezési módja. Csakis a tudomány tud tehát feleletet adni arra, a kérdésre; honnan a mozgás.

A «honnan az ősköd» kérdésre vonatkozólag a tudomány kimutatta mindenféle ilyen ősködhipotézis tarthatatlan voltát. Kukarkin szovjet professzor leplezte le éppen Jeansnak a galaktikák keletkezésére vonatkozó elméletével kapcsolatban az ilyen elméletek helytelen, tudománytalan, idealista jellegét. A világmindenség anyaga sohasem létezett valami «ősköd»-szerű állapotban. Nem beszélhetünk az anyag *első* fizikai és kémiai állapotáról. Az anyag öröktől fogva létezik és öröktől fogva tartó fejlődése alatt végtelen sok formán ment keresztül.

Sohasem volt tehát valami elsődleges ősködszerű állapot. Az anyagnak minden véges létformája valamilyen azt megelőző állapotból alakult ki és akármilyen messze is megyünk vissza az időben, ez mindig így volt. Sohasem érünk valami «ősi» elsődleges állapothoz, amit teremtésnek kellett megelőznie. A csillagok, a csillagrendszerek nem ősködből alakulnak ki, hanem az anyagnak már végtelen sok formáján keresztül ment állapotából, ami éppen megelőzte a csillag vagy csillagrendszer állapotot. A kozmogónia tudománya már sok esetben felfedte, hogy milyen volt az anyagnak az a megelőző formája, melyből az egyes égitestek kialakultak. A Föld meteorokból keletkezett, a fiatal csillagok csoportosan alakultak ki a csillagok közti szétszórt anyagból. Csak a természetet nem ismerők gondolhatják, hogy zavarba lehet hozni a materialista tudományt, ha pl. a Föld keletkezésével kapcsolatban ilyen kérdéseket tesznek fel: hát a meteorok honnan keletkeztek? A meteorok a csillagok anyagából keletkeztek és a csillagok anyaga megint másforma anyagból keletkezett és így folytathatjuk ezt a végtelenségig. A kozmogónia tudománya lépésről lépésre hatol a multba és fokozatosan ismerjük meg a fejlődés különböző szakaszait.

A vallás természetesen görcsösen ragaszkodik ahhoz az elképzeléshez, hogy a világnak valaha kezdete volt. A vallás védelmezői azért szeretnék elhitetni azt is, hogy a világ térbelileg véges, mert ebből szükségszerűen következne a világ időbeli végessége. A vallás képviselői egyenesen azt állítják, hogy a természettudományok nem is illetékesek a világ végtelenségének vagy végességének eldöntésére, mert ezek tapasztalati tudományok és a végtelenséget nem lehet «megtapasztalni». A csillagászok természetesen sohasem állítottak olyan képtelenséget, hogy a végtelenben lévő égitesteket észleltek, vagy hogy a jövőben ilyeneket ész-

lelni fognak. Ez a dolog természetéből következik, mert a végtelen éppen azért végtelen, hogy «megmérni» lehetetlen. De mi van a világ «határán» túl? Az üres tér, felelik az idealisták. A modern fizika azonban bebizonyította, hogy anyag és tér egymástól elválaszthatatlanok. «Anyagnélküli tér» — kitalálás, amely a valóságban nem létezik.

A modern természettudományok mindenben a dialektikus materializmus igazságát igazolták és megdöntötték az idealista, vallásos világnézetet. A kizsákmányoló osztályoknak azonban szükségük van a vallásos világnézetre a nép félrevezetése és öntudatának elkábítása céljából. A reakciós burzsoá tudósok a tudományos tényekből levonható következtetések meghamisításával és kiforgatásával próbálják bizonygatni a vallás tanításait.

Az imperializmus korában a Vatikán, a természettudományok esküdt ellensége, a régiek mellett új fegyverekkel is folytatja harcát a tudományos világnézet ellen. XII. Pius pápa 1951 novemberében a «Szentszéki Tudományos Akadémia» ünnepi ülésén beszédet mondott, melyben azt állította, hogy a modern természettudományok isten létét bizonyítják. A pápa ebben a beszédében ellentétben középkori elődei megkövesedett természetszemléletével, látszólag elismerte a világmindenség fejlődését mind a mikrokozmosz, mind a makrokozmosz világában. Elismerte, hogy a változás, a fejlődés az égitestek világában is érvényesül, mert a csillagászat kimutatta, hogy az égitestek is ugyanazokból az atomokból alakultak, mint a Föld. Mindezt azonban nem azért tette a pápa, hogy helyesbítse az egyház eddigi tévedéseit, hanem, hogy ezekből a tudományos tényekből hamis következtetéseket levonva, elhitesse, hogy a változás, a fejlődés oka nem lehet más, mint egy változhatatlan, felsőbbrendű szellemi lény.

A pápának ezt az érvelését a tudomány már régen megcáfolta. A materialista tudomány felismerte, hogy a változások, a fejlődés forrása is magában az örökké mozgó anyagban rejlik. Nem misztikus, természetfeletti lény a fejlődés irányítója, hanem a minden dologban meglévő ellentmondások harca. A világ fejlődése az anyag mozgástörvényei szerint megy végbe. A szüntelenül változó és fejlődő, a térben és időben mozgó anyagon kívül semmi más nincsen a világon.

A pápa a továbbiakban azt próbálta bebizonyítani, hogy a «kozmosz fölött elsuhogott a maga módján a halál szárnya». A változások iránya a világ «öregedésére» mutat, a világ a végső állapot, a világvége felé közeledik. Ha pedig a világnak vége lesz, akkor kezdete is kellett, hogy legyen és a pápa «összetévesztve» egyes égitestek korát a «világ» korával, azt állítja, hogy ezelőtt 5 milliárd évvel történt a világ teremtése.

A pápa ezekben az elmélkedésekben a burzsoá áltudomány hírhedt «hőhalál» és «táguló világegyetem» elméleteit használta fel.

A «hőhalál» elméletről, — vagyis arról a téves elképzelésről, hogy a világmindenségben a hőmérséklet kiegyenlítődése következtében meg-

szűnik minden mozgás és változás, — a tudósok már bebizonyították, hogy teljesen tarthatatlan. A hőhalál elmélet ugyanis csak elméletileg létező zárt (tökéletes hőszigetelő) rendszerekre érvényes következtetéseket akar teljesen indokolatlanul kiterjeszteni a végtelen világmindenségre.

A «táguló» világegyetem meséje is csak az idealista tudósok agyszüleménye és semmi köze sincsen a valóságos világhoz. A körülöttünk lévő és észlelhető tejútrendszerek összességét a csillagászok metagalaktikának nevezik. A metagalaktikát alkotó tejútrendszerek színképében észlelhetők olyan vonaleltolódások, melyek eddigi ismereteink szerint távolodó mozgásnak felelnek meg. Nem döntötte azonban még el a tudomány véglegesen, hogy itt valójában távolodó mozgásról van-e szó, vagy egyéb okok miatt következik be a színképvonalak eltolódása. Mindenképpen megengedhetetlen azonban a metagalaktikát a világmindenséggel azonosítani. A végtelen világmindenségben a metagalaktika is éppen olyan jelentéktelen kis zug, mint akár a Föld. Ahogy a Föld nem a világ, éppenúgy a metagalaktika sem az. A világmindenségben még számtalan metagalaktika létezik és az a körülmény, hogy a mi metagalaktikánk tagjai távolodnak-e egymástól vagy sem, semmiféle kapcsolatba nem hozható a «világ» tágulásával, ami különben is értelmetlenség, mert ha az egész világ tágul, akkor vajjon *mibe* tágul?

A pápa beszéde alkalmával is csődöt mondott tehát az a kísérlet, hogy a biblikus világnézetet tudományos mezbe csomagolják. A pápa beszéde semmivel sem «tudományosabb», mint a bibliai legenda.

A pápának minden szava félrevezető, mert a modern természettudományok egyetlen eredménye sem igazolja a vallás vagy az idealizmus nézeteit.

Az élenjáró szovjet csillagászat napról napra leleplezi a nyugati áltudósok mesterkedéseit, akik hátatfordítva a tudománynak, ellátják érvekkel a fideizmust, a klerikalizmust. A világ valóságos képe a materialista tudomány cáfolhatatlan eredményei nyomán tárul fel előttünk és ebben a világban nincsen helye semmiféle természetfeletti lénynek.

Róka Gedeon

A TEJÚTRENDSZER

A modern csillagászati tükörteleszkópokkal a csillagrendszerek milliói fényképezhetők. A fényképlemezen legtöbbjük a nagy távolságuk miatt egész jelentéktelen kis foltnak látszik és csak nagyítóval különböztethetők meg a mi csillagrendszerünknek, az ú. n. Tejútrendszernek csillagaitól. A közelebbiekben már igen sokszor látunk spirális szerkezetet, egy középponti magból kiinduló ágakkal. De igen sok olyan csillagrendszer is van, amelyik kör vagy ellipszis alakúnak látszik. A legközelebbi néhány száz csillagrendszert a legnagyobb teleszkópokkal fel lehet bontani csillagokra, a többiekben csak a csillagok összefolyó fényét látjuk, mint ahogy szabadszemmel a Tejútban is így összefolyva látjuk a Tejútrendszer csillagainak túlnyomó részét. De a Tejutat már kis távcsövek is felbontják csillagokra.

A szomszédos csillagrendszerek szerkezete a fényképfelvételekről minden nehézség nélkül megállapítható és aránylag könnyen tanulmányozhatjuk dinamikájukat is, ha megmérjük a rendszerek különböző helyeinek radiális sebességét. De a Tejútrendszer áttekintése, minthogy a Naprendszer benne van a Tejútrendszerben, sokkal nehezebb. Bár már 167 éve, hogy Herschel csillagszámlálásaival megkezdte a csillagok térbeli elrendeződésének vizsgálatát és 235 éve, hogy *Halley* felfedezte a csillagok mozgását, még mindig igen tökéletlenül ismerjük a Tejútrendszer szerkezetét és mozgási törvényeit. Ebben igen nagy része van annak, hogy a csillagok közti térben elhelyezkedő sötét tömegek elfedik előlünk a Tejútrendszernek sok részét. Ezek a sötét tömegek okozzák a Tejút kettészakadását a Hattyú csillagképtől egészen a Centaurus csillagképig. Tulajdonképpen a Tejútrendszer nem csupán csillagok rendszere, mert a csillagok közt lévő ú. n. intersztelláris anyagok a Tejútrendszer szerkezetében éppen olyan fontos szerepet játszanak, mint a csillagok. *Ambarcumján* vizsgálataiból pedig tudjuk, hogy a csillagok és a csillagrendszerek fejlődésének problémájában az intersztelláris anyagok döntő jelentőségűek.

Természetesen a Tejútrendszer szerkezetének vizsgálata akkor sem lenne egyszerű, ha a csillagok közti tér teljesen üres lenne. Óriási munkára van szükség akkor is, ha lemondunk arról, hogy külön-külön részletesen

vizsgáljuk minden egyes csillag mozgását és ehelyett csak általános törvényszerűségek után kutatunk, vagyis megelégszünk azzal, hogy hozzávetőlegesen megállapítsuk a Tejútrendszer kiterjedését, alakját és a Tejútrendszert alkotó égitestek eloszlásában és mozgásában mutatkozó főbb sajátságokat. Ugyanis nincsen olyan megfigyelési módszerünk, amellyel egyszerre sok csillagnak átlagos tulajdonságait tudnánk meghatározni. A csillagok statisztikai tulajdonságait csak igen sok csillagra vonatkozó individuális megfigyelésből tudjuk levezetni. Így ez a leegyszerűsítés csak a megfigyelések interpretálásánál okoz könnyebbséget, de a megfigyelési anyag gyüjtésében semmiféle munkamegtakarítást sem jelent.* Így érthető, hogy még egyetlen problémára sem fordítottak a csillagászok annyi időt és fáradságot, mint a csillagok mozgásának és eloszlásának kutatására.

A Tejútrendszer térbeli felépítésének vizsgálatához az égitestek távolságait kell meghatároznunk. Az egyetlen exakt távolságmeghatározási módszer, a trigonometriai parallaxis mérése, csak a Naprendszer kis környezetében, kb. 100 fényév távolságig ad pontos értékeket. Távolabbi csillagok távolságát csak abszolút és látszó fényességük összevetéséből tudjuk meghatározni. Abszolút fényességük megállapításához szükség van a csillagok színképének vagy változócsillagok esetében a fényváltozásnak ismeretéhez. Sőt az óriás és szuperóriás csillagok esetében szükség van minél több radiális sebesség és sajátmozgás-adatra is, mert ezek abszolút fényességét csak statisztikai módszerekkel, a radiális sebességük és sajátmozgásuk összehasonlításából lehet meghatározni, minthogy túl messze vannak a trigonometriai parallaxis méréshez. De a látszó és az abszolút fényesség összevetéséből a távolságot csak akkor tudjuk meghatározni, ha azt is meg tudjuk mondani, mennyit gyengítették a csillag fényét felénk való útjában az intersztelláris anyagok. Minthogy az intersztelláris anyagok a rövidebb hullámhosszú fénysugarakat jobban szétszórják, mint a hosszú hullámhosszúakat, a csillagok annál vörösebbnek látszanak, minél több intersztelláris anyagon haladt át a fényük útjában. A vörösödés mértékéből így következtetni lehet az intersztelláris fénygyengítés nagyságára is. Ez azt jelenti, hogy a már említett adatok mellett még a csillagok színét is meg kell határoznunk.

A Tejútrendszer dinamikájának vizsgálatához természetesen minél több sajátmozgás és radiális sebesség adat szükséges. Ismeretünk ma még kizárólag a csillagok sebességére korlátozódik, gyorsulást még egyetlen csillagra sem lehetett megállapítani. Néhány gyorsmozgású csillag sajátmozgásában ugyan megfigyeltek már kisebb változást, de ez csak látszólagos és a csillag tőlünk való távolságának változásától ered. Sokkal több csillag esetében figyelték meg a sajátmozgás periódusos változását, de ez

* Ez alól csak a rádiócsillagászat egy alkalmazása kivétel. Erre később kitérünk.

meg láthatatlan kísérőktől származik és semmi köze sincs a csillagnak a Tejútrendszerben végzett mozgásához. Így a Tejútrendszerben a gravitációs erő irányát a csillagok térbeli eloszlására vonatkozó vizsgálatokból kell levezetni. Nagy abszolút fényességű csillagok segítségével megállapíthatjuk, hogy a csillagok sebessége függ-e attól, hogy a Tejútrendszer melyik helyén tartózkodnak. Persze nagyobb távolságban már csak a mozgás radiális komponensének vizsgálata lehetséges, hiszen nagy távolságú csillagoknál a sajátmozgás nagysága a mérhetőség alá süllyed. Különösen hasznosak ezekre a vizsgálatokra a Delta Cephei változócsillagok.

Általában a változócsillagok a Tejútrendszer szerkezetének vizsgálatában döntő szerepet játszanak. Ezért programmba kellett venni a változócsillagok minél teljesebb felkutatását és fényváltozásuk, mozgásuk, valamint spektrális sajátságaik tüzetes vizsgálatát.

Ennyi feladat megoldása csak széleskörű nemzetközi együttműködés útján lehetséges. A Nemzetközi Csillagászati Unió ezt az együttműködést kitűnően megszervezte. Minthogy a csillagok óriási száma miatt nem lehet az adatgyűjtést az egész égre kiterjeszteni, kiválasztottak az égen egyenletesen elosztva 206 ú. n. selected areát és ezeken belül eddig a következő vizsgálatokat szervezték meg:

A csillagok látszólagos fényességének és színének meghatározását az abasztumani, cambridge-i, greenwichi, groningeni, leideni, lundi, a palomárhegyi, a pulkovói, a stockholmi csillagdák, valamint a Harvard, Lick, Mc Cormick, Perkins és a wilsonhegyi obszervatóriumok végzik. A 13. fényrendig $3{,}5° \times 3{,}5°$ területet dolgoznak fel, míg a gyengébb csillagokra mind jobban szűkítik az areák nagyságát. Több areában egészen a 20,5 fényrendig fotoelektromos fényességmérésekkel igen pontos fényrendadatokat határoztak meg és a többi area adatait ezekre vonatkoztatják. 7 areában a fényrendhatárt fotografikusan 22,5-ig tolják ki. Minthogy a méréseket legalább két különböző hullámhossztartományban végzik, a csillagok színindexét is megkapják. Az abasztumani csillagdában eddig 14 000 csillag színindexét határozták meg.

A csillagok színképtípusának megállapítását kb. a 14. fényrendig a hamburg-bergedorfi, a Lick, a potsdami, a stockholmi, a tonantzintlai, a wilsonhegyi és a Case Institute obszervatóriumokban végzik. Erre a munkára újabban főleg a Schmidt-féle aplanatikus tükörteleszkópokat használják.

A csillagok sajátmozgásának meghatározásával az algiri, bonni, cambridge-i, a Dearborn, a groningeni, a Lick, a pulkovói, a Yale és a Yerkes csillagdák foglalkoznak. A pulkovói csillagdán Dejcs és Labodovszki eddig több mint 21 000 csillag sajátmozgását határozta meg.

A csillagok abszolút fényességének spektroszkópiai meghatározásával az abasztumani, a bonni, a David Dunlap-, a stockholmi és a wilsonhegyi obszervatóriumok foglalkoznak.

A csillagok radiális sebességét a selected areákban a David Dunlap-, az Haute Provence-i és a wilsonhegyi csillagdákban határozták meg. A Yerkes-csillagda az areákban levő csillagok trigonometriai parallaxisát méri.

A változó csillagok szisztematikus vizsgálatával a moszkvai Sternberg Intézet, valamint az edinburghi, a hamburg-bergedorfi és a Radcliffe-csillagdák foglalkoznak.

De ezek a felsorolt kutatások még csak kis részét képezik a Tejútrendszerre vonatkozó vizsgálatoknak. Magában a Tejútban nem elegendő a selected areákra szorítkozni. Minden csillagda, ahol nagylátómezejű asztrográfok vagy tükörteleszkópok vannak felállítva, feldolgozott már valamely Tejút-részletet. A Tejút szerkezete különösen azért olyan komplikált, mert az intersztelláris anyagok nem töltik be egyenletesen a teret, hanem kisebb-nagyobb szabálytalan alakú felhőkbe tömörülnek. Ezek, ha bennük vagy közelükben nagy hőmérsékletű csillagok vannak, fénylő diffúz ködként jelennek meg a felvételeken, különben pedig sötét foltokat látunk helyükön. A Tejút-részletek vizsgálatában a legtöbb munkát a sötét ködök távolságának, fénygyengítésének és radiális kiterjedésének meghatározása jelenti. Ezekben a kutatásokban különösen az abasztumani, a bjurakani, a Harvard, a krími, a pulkovói, a stockholmi és az upsalai csillagvizsgálók tűnnek ki.

Az intersztelláris felhők, akárcsak a csillagok, a Tejút síkja mentén sűrűsödnek. Együttes hatásuk következtében a Tejút mentén csak néhány helyen látunk ki a Tejútrendszeren kívül lévő csillagrendszerekre, az ú. n. extragalaktikákra. Ezért, ha az extragalaktikákat az ú. n. galaktikai koordinátarendszerben* rajzoljuk be, igen érdekes képet kapunk eloszlásukra. Amíg a Tejút pólusaiban igen sok extragalaktikát találunk, a Tejút felé számuk fokozatosan csökken és a Tejút síkja mentén alig fordulnak elő. A Tejútban csak azokon a helyeken láthatunk extragalaktikákat, ahol véletlenül nem állnak intersztelláris felhők kilátásunk útjában. Ezek a helyek mintegy ablakoknak tekinthetők az intersztelláris anyagokban és ezért tejútablakoknak is nevezik őket. A tejútablakokban aránylag könnyen tanulmányozhatjuk a csillagok térbeli eloszlását, mert itt eltekinthetünk az intersztelláris fénygyengítéstől.

Mint már említettük, az intersztelláris anyagok fénygyengítése sokkal kisebb a hosszú hullámhosszú sugárzásra, mint a rövid hullámhosszú sugárzásra. A Tejút sötét ködjeiben, ahol a közönséges kékérzékenységű fényképlemezeken csak nagyon kevés csillag látható, az infravörös fény-

* Ennek alapsíkja a Tejút szimmetria síkja, a koordináták a galaktikai szélesség és hosszúság. A galaktikai hosszúságot a Tejút és az égi egyenlítő síkjának az Aquila csillagképbe eső metszésvonalától számítják az Aquila—Cygnus irányban. A galaktikai koordinátarendszer északi pólusának egyenlítői koordinátái: R. A. = $12^h\ 40^m$, D = $+28^0$ (1900).

ben készült felvételeken már rengeteg csillag jelenik meg. Ha pedig igen érzékeny rádióvevőkészülékkel tapogatjuk le a csillagok rádiósugárzását, akkor azt tapasztaljuk, hogy a rádiósugárzás intenzitása semmivel sem gyengébb a sötét ködökben, mint a csillagsűrű Tejút-részletekben. Különben, ha elkészítjük a rádiósugárzás intenzitástérképét, nagyjából ugyanolyan kontúrokat kapunk a Tejútra, mint ahogyan szabad szemmel látjuk, csupán a Tejút sötét foltjait nem találjuk. Semmi nyoma sincs a rádiósugárzásban a Tejút két ágra szakadásának (l. 40. ábrát). Ez annak a jele, hogy a rádióhullámok áthaladnak a legnagyobb és legsűrűbb intersztelláris felhőn is. Nyilvánvaló ebből, hogy a rádiócsillagászatnak igen nagy szerep jut a Tejútrendszer szerkezetének vizsgálatában.

Az intersztelláris fénygyengítés erősségére a Tejút síkjában átlagban kiloparszekenként 1 fényrend adódik a fotografikus fényrendskálában. Ez azt jelenti, hogy a tejútablakokat kivéve a trigonometrikus távolságmeghatározás határán, 30—40 parszek távolságban érezhetővé kezd válni az intersztelláris fénygyengítés. De tévedünk, ha azt hisszük, hogy legalább ezen a határon belül semmi nehézség nem áll útjában annak, hogy tökéletesen megismerjük a csillagok térbeli eloszlását. Még azt sem tudjuk megmondani pontosan, hogy a Naprendszer közvetlen környezetében, mondjuk 5 parszek távolságon belül hány csillag van. Ennek oka a csillagok abszolút fényességében mutatkozó óriási eltérések, különösen pedig az, hogy a csillagok túlnyomó többsége igen gyengefényű égitest, a Napnál sok százszor, sőt ezerszer gyengébbfényű. Ismerünk olyan csillagot is, amelyiknek abszolút fényessége közel milliószor kisebb, mint a Napé, de valószínű, hogy nagy számmal vannak még gyengébben sugárzó csillagok is. Az ilyenek, ha még legközelebbi szomszédaink is, a gyengébb teleszkópikus csillagok közé tartoznak. Legtöbbjük szerencsére elárulja közelségét nagy sajátmozgásával. A nagy sajátmozgású csillagokat pedig a sztereo- vagy a blinkkomparátor segítségével éppen úgy ki tudjuk válogatni fényképfelvételeken a csillagok nagy tömkelegéből, mint a változócsillagokat. A trigonometriai parallaxis mérésével foglalkozó csillagdák persze sietnek felvenni programmjukba ezeket a csillagokat. Legtöbb csillagszomszédunk ilyen módon vált ismeretessé. Teljességet nem remélhetünk, hiszen lehetnek szomszédaink, melyek hozzánk képest kis sebességgel mozognak, vagy amelyek mozgása sugárirányú és így nem árulják el semmivel sem közelségüket.

Jelenleg öt parszeken belül, a Napot is beleszámítva, 53 csillagot ismerünk. De ebből az 5 parszek sugarú gömb hozzánk közelebb eső felébe 37 esik, a távolabbi felébe mindössze 16. Ez is arra mutat, hogy még öt parszeken belül sem ismerünk minden csillagot. A gyorsmozgású csillagok számából statisztikai meggondolásokkal meg lehet becsülni, hogy öt parszeken belül legalább kétszer annyi csillag van, mint ahányat jelenleg ismerünk (l. a Természettudományi Társulat kiadásában megjelent «A Csillagos Ég» c. könyv 356. oldalát). Annyi azonban bizonyos,

hogy a csillagok átmérőjükhöz és relatív mozgásukhoz képest igen nagy távolságra vannak egymástól. A Tejútrendszer dinamikájában így a csillagok ütközése vagy találkozása elhanyagolható. De ami egyszerűsítést ez jelentene, annál nagyobb komplikációkat okoz az intersztelláris anyagoknak a csillagok mozgására gyakorolt hatása.

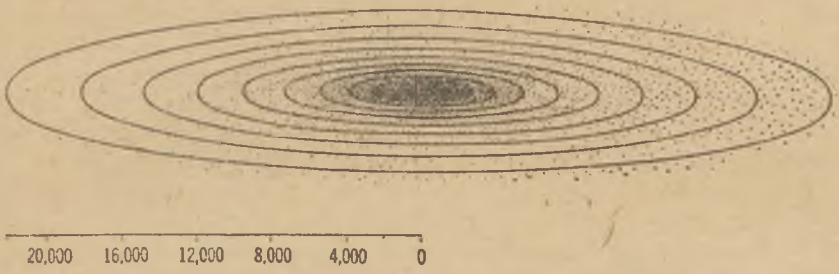
Mikor Herschel csillagszámlálásaiból először akarta a Tejútrendszer alakját és méreteit meghatározni, a következő három feltevést tette: 1. A csillagok abszolút fényessége egyenlő. 2. A csillagok a térben egyenletesen oszlanak el. 3. A csillagok közti tér üres, vagyis a csillagok fényessége a távolság négyzetével csökken. Herschel csillagszámlálásainál nem volt tekintettel a csillagok látszó fényességére, hanem egyszerűen megszámolta az ég különböző részein a távcsővében látható csillagokat. Nyilvánvaló, hogy Herschel feltevéseivel a csillagrendszer méreteire a csillagok számával arányos értékek adódnak. Mivel a csillagok száma a Tejút pólusától a Tejút felé állandóan nő, a csillagrendszerünk alakjára Herschel lapos korongalakot kapott, a Tejút síkjában körülbelül nyolcszor akkora kiterjedéssel, mint a Tejút síkjára merőleges irányban.

Herschel után több mint száz évvel később kezdték csak a csillagokat fényességük szerint elkülönítve megszámolni. Ekkor az 1. és 3. feltevés megtartásával egyszerűen következtethetünk a csillagoknak térbeli eloszlására. Így például, ha a 2. Herschel-féle feltevés igaz lenne, vagyis a csillagok a térben a Tejútrendszeren belül egyenletesen oszlanának el, akkor a csillagok száma, amíg a Tejútrendszer határához nem érünk, minden fényrenddel közel négyszeresére emelkednék.* Sőt ez még akkor is igaz, ha a nyilvánvalóan hamis 1. feltevést nem használjuk és helyette csak azt tételezzük fel, hogy a különböző abszolút fényességű csillagok térbeli eloszlása között nincs különbség.

Mármost a fényrend tekintetbevételével végzett csillagszámlálások szerint a csillagok számának a fényrenddel való növekedése sokkal lassúbb, mint az egyenletes térbeli eloszlás esetén lenne. Ez érvényes az ég minden részére külön-külön. Magas galaktikai szélességben, ahol a 3. feltevés, mint az extragalaktikák nagy száma mutatja, legalább nagyjából igaz, ez csak úgy magyarázható, hogy a csillagok térbeli sűrűsége a Tejút síkjára merőleges irányban a tőlünk való távolsággal rohamosan csökken. De a Tejút síkjában, ahol a 3. feltevés biztosan nem igaz, ebből nem következtethetünk semmit, mert a csillagok számának a fényrenddel való növekedését az intersztelláris fénygyengítés is csökkenti, akárcsak a csillagoknak ritkulása a tőlünk való távolsággal.

* Ugyanis egy fényrendnövekedés 2,5-szeres fényességcsökkenésnek felel meg. Egy $(m+1)$-edrendű csillag így $\sqrt{2{,}5}$-ször van távolabb, mint egy ugyanolyan abszolút fényességű m-edrendű csillag. Az $(m+1)$-edrendig így a csillagok az 1. feltevés mellett $\sqrt{2{,}5^3}$-ször akkora teret töltenek be, mint az m-edrendig. $\sqrt{2{,}5^3} = 3{,}98$.

De egészen a húszas évek közepéig a csillagok térbeli eloszlásának vizsgálatában csökönyösen ragaszkodtak Herschel 3. feltevéséhez. A kép, amelyet ily módon rengeteg statisztikai vizsgálat eredményeként kaptak, teljesen hamis volt (l. 35. ábrát). A Naprendszer eszerint a Tejútrendszer centrumában volna és a lencsealakú Tejútrendszer nagyobbik átmérője

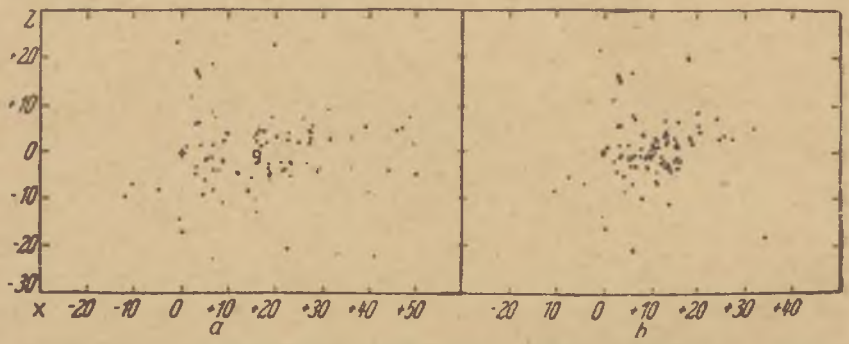


35. ábra. A *Kapteyn*-féle kép a Tejútrendszerről (1922), a Tejút síkjára merőleges átmetszetben. Az ábra közepén van a Nap, a csillagsűrűség itt a legnagyobb. A csillagsűrűség innét minden irányban csökken, a Tejút síkjában lassan, erre merőleges irányban gyorsan. A görbék az egyenlő sűrűségű helyeket kötik össze

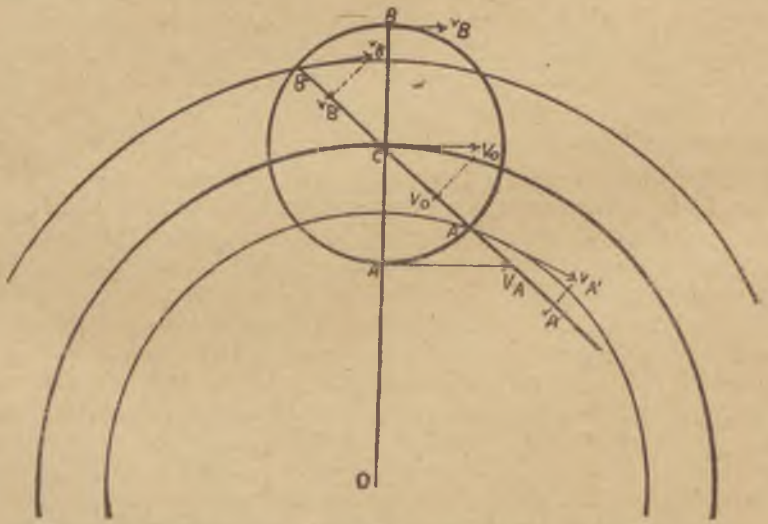
kevesebb lenne 50 000 fényévnél. Az egész képből csak két dolog vehető valódinak: Az egyik az, hogy a Naprendszer a Tejút síkjában van, de ez már abból is következik, hogy a Tejút az égen közel egy legnagyobb kör mentén nyúlik el. A másik pedig az, hogy a Tejútrendszer vastagsága a Naprendszer környékén kb. 10 000 fényév, tekintve, hogy a Tejút síkjára merőleges irányban a 3. feltevés nagy közelítéssel igaznak tartható.

A csillagszámlálásokból és egyéb bonyolultabb statisztikai vizsgálatokból kapott eredményeknek merőben ellenmondottak *Shapleynek* a gömbhalmazokra vonatkozó vizsgálatai. A gömbhalmazok ugyan nem mutatnak sűrűsödést az égen való eloszlásukban a Tejút felé, de azért kétségtelen, hogy a Tejútrendszer tagjai, minthogy eloszlásuk teljesen szimmetrikus a Tejúthoz viszonyítva. A gömbhalmazok közül igen sokban találtak Delta Cephei-csillagokat, különösen a rövidperiódusúakból, és ezek segítségével az ismeretes periódus-fényesség összefüggés alapján meg lehet határozni a gömbhalmazok távolságát. *Shapley* a távolságmeghatározásnál megint csak a 3. Herschel-féle feltevést használta és így az általa nyert távolságok nyilván túl nagyok. De a gömbhalmazok távolságuk ismerete nélkül is rámutatnak a Nap centrális helyzetének tarthatatlanságára. Ugyanis a gömbhalmazok 95%-a az égnek egyik felén található és ennek az égi félgömbnek középpontja a Tejútban a Sagittarius csillagkép irányában van. A Naprendszer tehát a gömbhalmazok rendszerének a szélén helyezkedik el. A gömbhalmazok rendszerének dimenzióira pedig sokszorta nagyobb értékek adódtak, mint ahogy a 36. ábra azt a csillagrendszerre feltünteti. Ha a gömbhalmazok távolságát az inter-

szteliáris fénygyengítés tekintetbevételével megfelelően korrigáljuk is, a fennálló különbség még mindig igen nagy marad (l. 36. ábrát). A korrigált értékek szerint a Nap távolsága a gömbhalmazok rendszerének középpontjától közel 10 000 parszek.

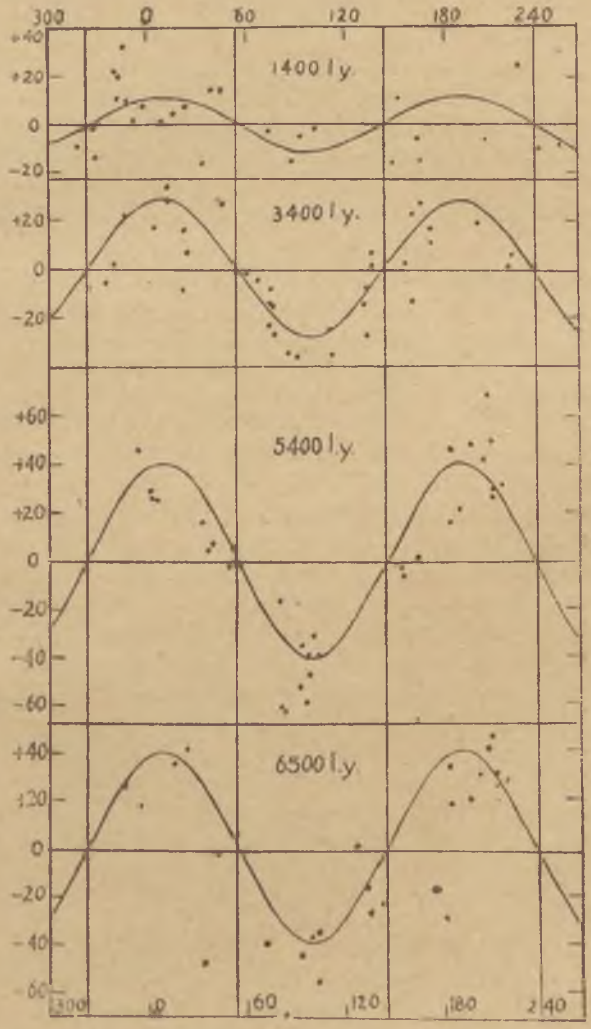


36. ábra. A gömbhalmazok vetülete egy a Tejútra merőleges és a Napon valamint a gömbhalmazok rendszerének középpontján átmenő síkra. A Nap a koordinátarendszer középpontjában van. A gömbhalmazok rendszerének középpontját karika jelzi. Baloldalt *Shapley* eredményei szerint, jobboldalt az intersztelláris fénygyengítés tekintetbevételével javított távolságokkal (*Stebbins*). Mértékegység 1000 parszek



37. ábra. A Tejútrendszer forgásának meghatározása. *O* a forgási középpont, *C* a Nap, ennek keringési sebességét a V_0 vektor jelöli, az *A*, *A'*, *B*, *B'* pontokban négy, a Naprendszertől ugyanakkora, de *O*-tól különböző távolságban levő csillag sebességi vektora van feltüntetve, feltételezve, hogy a forgássebeség a forgási centrumtól kifelé csökken. Az *A* és *B* csillagnak a Naprendszerhez viszonyított radiális sebessége zérus, a *B'* csillag $v_{B'}$-vel közeledik felénk, az *A'* pedig $v_{A'}$-vel távolodik tőlünk

Kérdés már most, hogy a gömbhalmazok rendszerének középpontja az egész csillagrendszer középpontjának tekinthető-e? Erre idővel egyre több bizonyítékot lehetett találni. A csillagok mozgásának vizsgálatából kiderült, hogy a Nap körüli csillagok keringenek egy olyan középpont



38. ábra. A hosszúperiódusú Delta Cephei-csillagok radiális sebességének menete a galaktikai hosszúsággal. A vízszintes tengelyen a galaktikai hosszúság, a függőlegesen a radiális sebesség van feltüntetve. Minden pont egy csillag radiális sebességét ábrázolja. A négy egymás alatt levő ábrán felülről lefelé a csillagok átlagos távolsága 1400, 3400, 5400 és 6500 fényév. (*Joy* eredményei szerint.)

körül, amely irányra és távolságra is egyezik a gömbhalmazok rendszerének középpontjával. Az ennek kimutatására szolgáló elvet 37. ábránk szemlélteti. Az ábra szerint a radiális sebességnek, ha a forgás ú. n. differenciális forgás, azaz a forgássebesség a középponttól való távolsággal változik, a galaktikai hosszúsággal szisztematikusan kell változni éspedig annál feltűnőbben, minél távolabbi csillagokat vizsgálunk.

A megfigyelt radiális sebességek ezt a menetet igen jól mutatják. Az elméletnek megfelelőleg a galaktikai hosszúsággal kettős hullám mutatkozik. Ennek fázisából és amplitudójából ki lehet számítani a forgási középpont irányát és távolságát. 38. ábránk a Delta Cephei változócsillagok radiális sebességében mutatkozó rotációs effektust mutatja. Ezek a csillagok nagy abszolút fényességük következtében nagy távolságokban is megfigyelhetők.

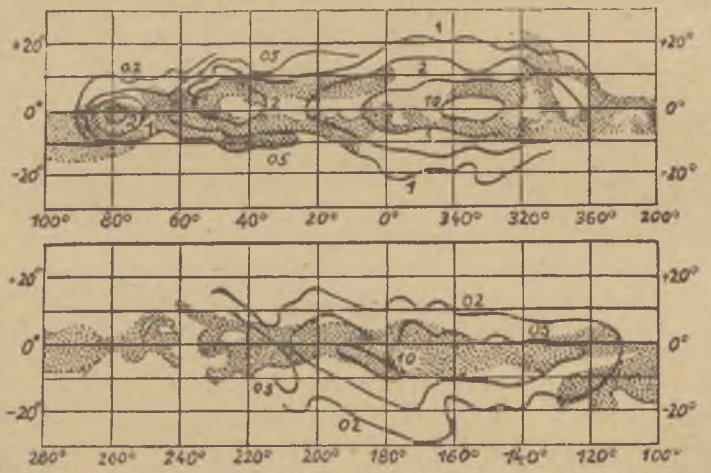
Mint már említettük, ezekből a vizsgálatokból a forgási középpont helyzetére a gömbhalmazok rendszerének középpontjával való egyezés adódott. Magát a forgási sebességet a Naprendszer helyén az extragalaktikák radiális sebességéből lehet meghatározni. Az eredmény 250 km/sec, iránya 56° galaktikai hosszúság és 0° galaktikai szélesség. Eszerint a Naprendszernek egy keringése a Tejútrendszer centruma körül kb. 300 000 000 évet vesz igénybe. A forgás iránya a Tejútrendszer északi oldaláról nézve megegyezik az óramutató forgási irányával.

A forgási sebességnek a középpont felé való növekedése arra mutat, hogy a Tejútrendszer anyaga erősen sűrűsödik a centrum felé. Extragalaktikákon megfigyelhetjük, hogy gyakran a közepük táján erősen kiszélesednek és fényességük is itt a legnagyobb. Már a Tejútnak kiszélesedése a Sagittarius csillagkép irányában is arra mutat, hogy a Tejútrendszerben hasonló a helyzet. A Tejútrendszernek a Tejútra merőleges metszete eszerint nem olyan, mint a 36. ábrán, hanem olyan, ahogy a 39. ábra mutatja. Csakhogy az intersztelláris anyagok eltakarják szemünk elől a centrális magot. Szovjet kutatóknak azonban nemrég sikerült infravörös fényben a mag létezését kimutatni (lásd részletesebben Zerinváry cikkét a szovjet csillagászat legújabb eredményeiről). A mag középpontjának irányára 326° galaktikai hosszúságot kaptak, pontosan annyit, mint régebben a gömbhalmazok rendszerének középpontjára és a Tejútrendszer forgási centrumára. Nagyon szépen látszik a mag a Tejútból jövő rádióhullámok révén is, mint 40. ábránk mutatja.

Baade és *Gaposkin* vörös fényre érzékeny fényképlemezeken a Sagittarius csillagképben a centrum irányában igen sok gyengefényű RR Lyrae-

39. ábra. A Tejútrendszer valódi alakja. Az N betű jelöli a Nap helyét

típusú változócsillagot fedezett fel. Ezek különösen 6900 és 7700 parszek távolságok között találhatók. Nyilvánvaló, hogy 6900 parszek távolságban már elérték a Tejútrendszer középponti magját és ebben a magban igen sok RR Lyrae-csillag van.



40. ábra. A 187 cm-es rádióhullámok intenzitáseloszlása a galaktikai koordinátarendszerben. A görbék az egyenlő intenzitású helyeket kötik össze. A Tejút szabad szemmel látható képe pontozottan van feltüntetve. (*Reber* után)

Jelenleg háromfajta csillagcsoportosulást ismerünk, amelyekben sok RR Lyrae-csillagot lehet találni: a Tejútrendszer magja, a gömbhalmazok és a gömbalakú extragalaktikák. Természetesen valószínű, hogy középponti magot tartalmazó minden spirálisszerkezetű extragalaktika magja többé-kevésbbé ugyanolyan tulajdonságú, mint a Tejútrendszer magja. A háromfajta csillagcsoportosulás megegyezik abban, hogy gömbalakúak. A gömbalakú csillagrendszerek nagysága körülbelül megegyezik a Tejútrendszer magjának nagyságával, a gömbhalmazok sokkal kisebbek. Bár újabban mind több törpe gömbalakú extragalaktikát fedeznek fel, így ma már ismerünk olyant is, amelynek átmérője csak 1500 fényév. Minthogy a nagyobb gömbhalmazok átmérője meghaladja a 300 fényévet is, valószínű, hogy folytonos átmenet van a gömbhalmazok és a gömbalakú csillagrendszerek között.

A legérdekesebb közös vonás az említett három csillagcsoportosulás között, hogy egyikükben sincsenek intersztelláris anyagok. Az extragalaktikákról készült felvételeken világosan látszik, hogy intersztelláris anyagok kizárólag a spirális ágak mentén lépnek fel. Úgy látszik, hogy valahogyan a spirális ágak léte össze van kötve az intersztelláris anyagok jelenlétével. Olyannyira, hogy ha valamelyik csillagrendszer nem is gömbalakú,

hanem olyan alakú, mint a Tejútrendszer (39. ábra), nem láthatók spirális ágak benne, ha hiányzanak az intersztelláris anyagok. De ha valamely csillagrendszerben intersztelláris anyag kimutatható, akkor mindig spirális szerkezetű. Minthogy a Tejútrendszerben bőven van intersztelláris anyag, a Tejútrendszernek spirális szerkezetűnek kell lennie.

Igen érdekes, hogy azok az égitestek, amelyek gyakoriak a három említett, intersztelláris anyagot nem tartalmazó csillagcsoportosulásban, eloszlásukban és mozgásukban igen eltérnek azoktól az égitestektől, amelyek egyáltalán nem, vagy csak ritkán fordulnak elő ezekben a csillagcsoportosulásokban. Így az RR Lyrae-csillagok a Naprendszerhez képest igen gyorsan mozognak, míg a hosszúperiódusú Delta Cephei-csillagok lassan. Előbbiek az egész égen szét vannak szórva, utóbbiak csak a Tejút síkjában találhatók. *Baade* szerint az égitestek két csoportba, vagy ahogy ő nevezi, két *populációba* sorolhatók. Az előbb említett három csillagcsoportosulás a Baade-féle II. populációba tartozik. Ide sorolhatók az RR Lyrae-csillagok, a Mira-változók közül a rövidebb periódusúak, az RV Tauri-változók, a szubtörpe csillagok és még valószínűleg a bolygószerű ködök. Az I. populációba tartoznak a nyílthalmazok, az asszociációk, a B, O, W-csillagok, a szuperóriások, a hosszúperiódusú Delta Cephei-csillagok, az emissziós ködök és általában az intersztelláris felhők. Az I. populációt jellemzi a Tejút síkjában való nagy sűrűsödés és kis sebesség a Naphoz képest; a II. populációt jellemzik a nagy sebességek és az egész égre kiterjedő eloszlásuk. A Tejútrendszer centrumához viszonyítva az I. populáció égitestjei közel körpályán keringenek a Tejút síkjában, míg a II. populáció égitestjei elnyúlt ellipszispályákon keringenek a mag körül, gyakran a Tejút síkjához nagy hajlásszög alatt, sőt gyakran retrográd mozgásiránnyal (l. 41. és 42. ábrát).

Némelyik gömbhalmazban találtak néhány hosszúperiódusú Delta Cephei-csillagot. Nemrég kiderült, hogy ezek fényváltozásukban és színképükben különböznek a Tejútban található Delta Cephei-csillagoktól. Így a Delta Cephei-csillagok két csoportra oszthatók: 1. Klasszikus, I. populációjú és 2. II. populációjú Delta Cephei-csillagok. Utóbbiak részben RR Lyrae-csillagok, részben hosszúperiódusú Delta Cephei-csillagok. Éppen úgy, mint az RR Lyrae-csillagok, ezek a II. populációjú hosszúperiódusú Delta Cephei-csillagok is előfordulnak a gömbhalmazokon kívül is. Az még nincs bebizonyítva, hogy vannak I. populációjú RR Lyrae-csillagok is.

Mármost a Delta Cephei-csillagokra érvényes periódus-fényesség reláció alakját a Magellán-felhőkben található ilyen csillagok segítségével vezették le, melyek mind az I. populációhoz tartoznak. Az összefüggés zéróp ntját a Tejútrendszerben levő ugyancsak I. populációjú Delta Cephei-csillagok mozgásából határozták meg. Az RR Lyrae-csillagok abszolút fényességét, minthogy ilyen csillagot a Magellán-felhőkben nem

találtak, úgy határozták meg, hogy fényességüket a gömbhalmazokban előforduló néhány Delta Cephei-csillag fényességével hasonlították össze. Eszerint az RR Lyrae-csillago folytatását képezik a periódus-fényesség relációban a Delta Cephei-csillagoknak és abszolút fényességük átlagban 0.0 fényrendnek adódott. Csakhogy, amikor nemrég kiderült, ogy a gömbhalmazokban levő Delta Cephei-csillagok különböznek a klasszikus Delta Cephei-csillagoktól, felmerült a gyanú, hogy a II. populációjú Delta Cephei-csillagokra más periódus-fényesség összefüggés érvényes, mint amilyent régebben az I. populációjú ilyen csillagokra levezettek.

Először a Magellán-felhőkben levő g mbalakú csillaghalmazok segítségével igyekeztek a kérdést eldönteni. Ugyanis, ha ezekben találnak RR Lyrae-csillagokat, a kérdés el van intézve. Eleve nem volt biztos, hogy ezek a gömbalakú halmazok tényleg gö nbhalmazok, vagy csak gömbalakú nyílthalmazok, amelyekben tudvalevőleg változócsillagok nem fordulnak elő. A változók keresése h'ábavalónak bizonyult, csupán egyetlen h lmazban találtak egy változócsillagot és az nagy meglepetésre klasszikus Delta Cephei-változónak bizonyult. A Tejútrendszer egyetlen csillagh lmazában sem fordul ilyesmi elő. *Gascoigne* és *Kron* a változók hiábavaló keresése után végül is meghatározták a Magellán-felhő gö balakú halmazainak összfényességét, sőt ezeket a méréseket később kiterjesztették a Fornax törpe extragalaktikában található két gö nbhalmazra is. Az eredményük szerint ezek a halmazok á lagban másfél fényrenddel alványabbak, mint a Tejútrendszer gö nbh lmazai.

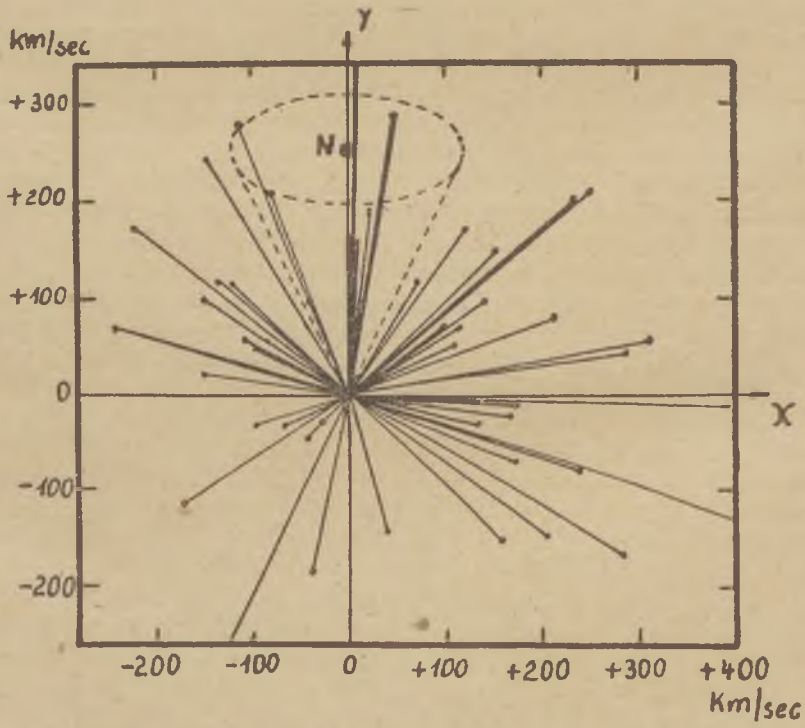
Ugyanez az eredmény adódott az Androméda-kö ben levő gömbhalmazokra. Nem valószínű, ogy minden külső csillagrendszerben gyengébbek a g mbalmazok, mint a Tejútrendszerben. Sokkal valószínűbbnek látszik, hogy a Tejútrendszer gö nbhalmazainak távolságmeg határozásában követtek el ibát, amikor a II. populációjú Delta Cephei-csillagokra ugyanazt a periódus-fényesség relációt alkalmazták, mint az I. populációjúakra. A hiba olyan, hogy a Tejútrendszer gömbhalmazaira túl nagy távolságok és ezzel együtt túl nagy fényességek is adódnak. Ez akkor van, a a II. populációjú Delta Cephei-csillagok kb. 1—1,5 fényrenddel gyengébbek, mint az I. populációjúak.

Az új 5 méteres tükörteleszkóppal a kérdést el lehet dönteni. *Baade*nek sikerült az Androméda-k d néhány gö nbh lmazát a szélén csillagokra bontani és ezen csillagok között több RR Lyrae-változót talált. Minthogy az Androméda-ködben bőven van I. popul ációjú Delta Cephei-csillag is, itt sikerült az, ami a Magellán-felh k esetében nem.* Az eddigi eredmények tényleg azt mutatják, ogy az RR Lyrae-csillagokat 1 fényrenddel fényesebbnek vették eddig a valóságnál.

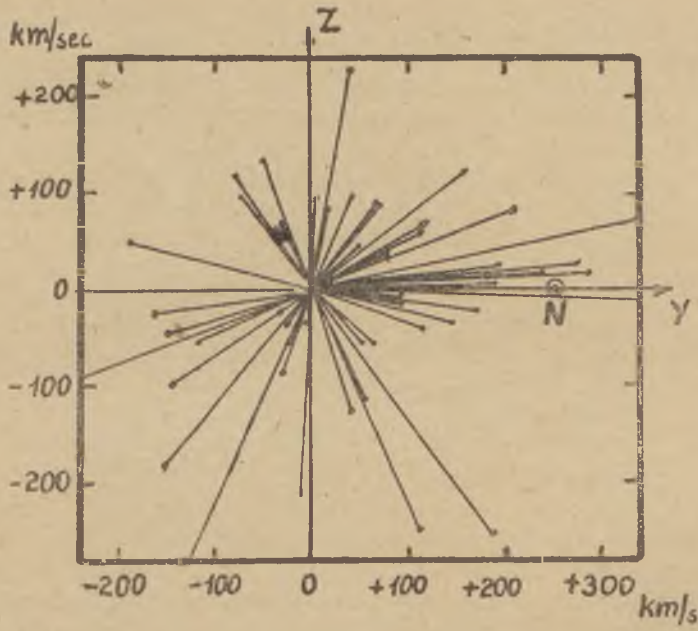
*Megjegyzés a korrekturánál: a cordobai csillagdában legutóbb találtak 3 RR Lyrae-csillagot a Magellán-felhőben. Ezek fényessége tényleg kb. 1 fényrenddel gyengébb az eddig használt értéknél.

Ez azt jelenti, hogy a gömbhalmazok távolsága kb. 40%-kal kisebb, mint eddig gondolták. És általában minden olyan távolság, amelyet RR Lyrae-csillagok felhasználásával határoztak meg, ilyen mértékben csökkentendő. A Tejútrendszer középpontjától való távolságunk így csak kb. 6000 parszek, és az egész Tejútrendszer átmérője a Tejút síkjában nemigen lehet több 20 000 parszeknél. Az intersztelláris fénygyengítés tekintetbe vétele előtt azt hitték, hogy a Tejútrendszer kivételesen nagy csillagrendszer. Az újabb redukcióval a Tejútrendszer kisebbnek adódik, mint az Andromeda-köd.

A csillagoknak a Baade-féle I. és II. populáció szerint való megkülönböztetése, mint arra különösen *Kukarkin* rámutatott, csak bizonyos elég ritka égitestfajtákra lehetséges. A csillagok túlnyomó része a térben való eloszlásban és sebességben a két típus közötti átmenetet mutat.



41. ábra. A sárga és vörös törpealatti csillagok sebességvektorainak vetülete a Tejút síkjára. A Tejútrendszer centruma a pozitív X-tengely irányában van. A koordinátarendszer kezdőpontjából az *N* betűig húzott vektor jelöli a Naprendszer forgási sebességét a Tejútrendszer centruma körül. Az I. populációjú csillagok sebességvektorai az *N* körül szaggatottan rajzolt ellipszisen belülre esnek. Ezzel szemben a II. populációjú törpealatti csillagok sebességvektorai túlnyomórészt ezen kívül esnek, sőt egy részük sebessége retrográd irányú.



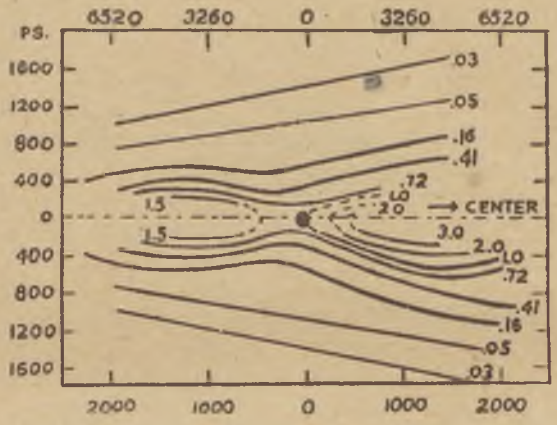
42. ábra. A sárga és vörös törpe alatti csillagok sebességvektorainak vetülete egy a Tejútra és a centrum irányára merőleges síkra. A Nap és az I. populációjú csillagok túlnyomórészt a Tejút síkjában mozognak, ezzel szemben a II. populációjú csillagok pályái nagy szöget zárnak be a Tejúttal

Ezek az ú. n. *átlagcsillagok* a főághoz tartozó csillagok az A-típustól kezdve a közönséges óriások, az óriásalatti csillagok és a fehér törpék. Az átlagcsillagok átmeneti típusuknak megfelelőleg ugyanazon spektrum és abszolút fényesség mellett is igen nagy különbségeket mutatnak a térbeli eloszlásban és a sebességükben.

Minthogy a Tejútrendszer különböző fajta égitestek különböző mértékben lapult és különböző sebességgel forgó koncentrikus alrendszereiből áll, a csillagoknak a spektráltípus és az abszolut fényesség szerinti eloszlása a Tejútrendszerben helyről helyre változik. Ezt még csak fokozza az O és B spektráltípusú csillagoknak az a tulajdonsága, hogy egyes csillagcsoportosulásokba, asszociációkba tömörülnek. A 39. ábrán berajzolt Tejútrendszer-kontur szigorúan véve csak az átlagcsillagokra vonatkozik. Az I. populáció csillagai ezen belül sokkal lapultabb rendszert képeznek. Viszont a II. populációjú égitestek, mint a 36. ábrán a gömbhalmazok, gömbalakban körülveszik a csillagok túlnyomó része által betöltött lapult rendszert. Ugyanaz a helyzet a Tejútrendszerhez hasonló extragalaktikáknál. Fényerős műszerekkel készült felvételeken az élről látható extragalaktikák esetében jól kivehető a fényesebb lapult rendszert körülvevő

halvány köralakú fénykoszorú, amely nyilván az ottani II. populációjú csillagoktól származik.

Mint már említettük, a csillagok eloszlásának vizsgálatát a Tejút síkjában az intersztelláris anyagok igen megnehezítik. *Vasikadze* és *Oort*



43. ábra. Egyenlő csillagsűrűségű görbék a galaktikai egyenlítőre merőleges síkban. A Nap a koordinátarendszer középpontjában van. A nyíl jelzi a galaktikai centrum irányát (*Oort* szerint).

úgy próbáltak ezen segíteni, hogy az eloszlást csak ,15°-nál magasabb galaktikai szélességben vizsgálták, ahol a fénygyengítés már nemigen zavar. 43. ábránk mutatja Oort eredményeit. Az egyenlő sűrűségű görbék szaggatottan extrapolálva vannak a 15° galaktikai szélességen belüli övre is. Az ábra szerint a Naprendszertől a centrum felé és az ellentétes irányban is a csillagsűrűség nő, úgyhogy a Naprendszer aránylag kis sűrűségű helyen van. A centrum irányában és az ellentétes irányban talált két sűrűségmaximum két spirális ág metszetének tekinthető. Az ábra még jól mutatja a Tejútrendszernek kiszélesedését a centrum irányában.

Ezek a csillagszámlálásokon alapuló eredmények azonban még meglehetősen bizonytalanok. Azonkívül semmit sem mondanak ki a spirális karoknak a Tejút síkjában való menetére. Márpedig enélkül nem tudunk feleletet adni a legfontosabb kérdésre, hogy a Tejútrendszer forgása a spirális karok letekeredési vagy feltekeredési irányában történik-e. Az extragalaktikákban ezt a kérdést azért nem sikerült teljes exaktsággal eldönteni, mert nem tudjuk megállapítani, hogy a spirális karok melyik része van hozzánk közelebb és melyik távolabb.

Amint a Tejút puszta léte utal a Tejútrendszer lapult alakjára és a Tejút kiszélesedése a Sagittarius csillagképben a Tejútrendszer centrumának irányára, megkísérelhetjük a Tejút pontosabb szemléletével a

spirális karok helyzetét is megállapítani. Annyit már tudunk, hogy a Tejút centrumától messze vagyunk, de benne vagyunk a Tejút síkjában. 44. ábránkból megállapíthatjuk, hogy ilyen excentrumos helyzetből milyennek látnók a Tejutat. Az ábrán a Vadászebekben levő ismert spirális rendszert látjuk. Mind a két megjelölt excentrumos helyről a belső spirális ágat a centrum egyik oldalán messzebb látjuk kiterjedni, mint a másik oldalán. Ha a Tejútrendszer a Vadászebekben levő csillagrendszerhez hasonló, akkor ez azt jelenti, hogy a Sagittarius csillapképtől kiindulva, a Tejutat az egyik oldalon hosszabb úton látnók fényesnek, mint a Sagittariustól a másik irányban.

És tényleg, a Tejút a Carina csillagképtől a Scutum csillagképig sokkal fényesebb, mint a többi részén. Ennek a fényes résznek mindkét szélén, az Aquila és Vela csillagképekben kiterjedt sötét ködöket találunk, amint a két spirális ág között kell lenni. A Carinában levő végződés

44. ábra. A Vadászebekben levő spirális csillagrendszernek kontúrjai, annak illusztrálására, hogyan látszanak a spirális ágak a köd külső részeiről

70°-ra van a centrumtól, a Scutumban levő csak 30°-ra. Minthogy a Nap környezetén k forgási iránya a Cygnus csillagképbe esik, ez azt jelenti, hogy a Tejútrendszer a spirális karok feltekeredési irányában forog.

45. ábra. A Tejút emissziós hidrogén ködjeinek térbeli eloszlása. A Naprendszer a körök centrumában van. A körök sugara sorban 1000, 2000, 3000, 4000 parszek. A baloldali szektor által jelzett részben a kutatások az északi félgömbről nem voltak elvégezhetők. A ködöket jelző pontok nagysága megegyezik a ködök kiterjedésével

Ez a *W. Beckertől* származó igen egyszerű meggondolás a pontosabb vizsgálatok eredményei révén teljesen igazolódott. Először *Parenago* a hosszúperiódusú Delta Cephei-csillagok eloszlásából igyekezett a spirális karok helyzetét megállapítani (l. Zerinváry cikkét). De kiderült, hogy ezek a csillagok nemcsak a spirális ágakra szorítkoznak, hanem, bár kisebb számban, a spirális ágak között is előfordulnak. Ez jól látszik az Androméda-ködben levő Delta Cephei-csillagok eloszlásából is. Ezzel szemben, mint *Baade* az Androméda-ködről a hidrogén alfa-vonalának megfelelő hullámhosszú fényben készült felvételeiről megállapította, az emissziós diffúz ködök kizárólag a spirális ágakban fordulnak elő, azoknak is a közepére szorítkozva. Nyilvánvaló ebből, hogy a Tejútrendszer spirális ágainak kimutatására a diffúz ködök látszanak legalkalmasabbnak.

Morgan egy speciális, 140° látómezejű kamarával átkutatta a Tejút emissziós hidrogén-ködjeit. Ezek az intersztelláris hidrogén-felhőknek

valamely nagy hőmérsékletű csillag közelébe eső részei. A csillagok erős ultraibolya fénye a csillagoktól bizonyos távolságig ionizálja a hidrogént. A ködök világítását a rekombinálódó hidrogén atomok szolgáltatják. A ködök távolságát a velük összeköttetésben álló B vagy O színképű csillagok távolságának meghatározásával tudhatjuk meg. 45. ábránkon láthatjuk a ködök térbeli eloszlását a Tejút síkjában.

A ködök eloszlása kétségtelenül mutatja két ágnak a helyzetét. Az egyik néhány száz parszekre vonul el tőlünk, a második ezzel párhuzamosan 2000 parszeknyire. Mindkét ágat körülbelül 3000 parszeken át lehet követni, a közelebbit a Cygnus csillagképtől a Monocerosig, a távolabbit a Cepheustól az Aurigáig.

Az ábrán a Tejútrendszer középpontja lefelé van. A centrum irányában egyelőre csak egy emissziós hidrogén ködöt ismerünk, de valószínűleg ez a centrum és köztünk elhelyezkedő egyik ágnak egyik tagja.

A felső két ág jobbfelé mind közelebb jut a centrumhoz. A Napnak a centrum körüli forgási iránya jobbfelé mutat. Ezzel kétségkívül be van bizonyítva, hogy a Tejútrendszer forgása az ágak feltekeredési irányában történik.

Az emissziós ködök révén természetesen nem juthatunk túl messze, azonkívül ezek csak az O és B csillagok környékén észrevehetők. A hidrogén-felhők nyilván kiterjednek a spirális ágak egész hosszára, de a nagy hőmérsékletű csillagoktól távol, ahol már a hidrogén nincs ionizálva, sőt túlnyomórészt az alapállapotban van, sem hidrogén-emissziót, sem abszorpciót nem lehet kimutatni. Utóbbit azért nem, mert az abszorpciós vonalak a hozzá nem férhető ultraibolyába esnek. Igy sokáig azt hitték, hogy a «hideg» hidrogén vidékekről sohasem fogunk tudomást szerezni.

A rádiócsillagászatnak 1951-ben nemcsak ezeket a vidékeket sikerült feltárnia, hanem egyszerre a leghatalmasabb segédeszköznek bizonyult a Tejútrendszer szerkezetének feltárásában. A rádiócsillagászat most először adott olyan eszközt a csillagászok kezébe, amelyek segítségével a Tejútrendszernek hozzávetőleges tulajdonságait közvetlenül lehet megállapítani és nem kell azokat igen sok individuális égitestre vonatkozó mérésből levezetni.

Az alapállapotban a hidrogénatomok, aszerint, hogy az elektronjuk spinje hogyan áll be a hidrogénmag mágneses momentumához, két egymástól rendkívül kicsit különböző energiaállapotban lehetnek. A felsőbb nívón levő hidrogénatomok átlagban 11 millió évig maradnak meg ebben az állapotban. Az alsóbb nívóra való átmenetkor 21 cm hullámhosszú sugárzást bocsátanak ki. *Van de Hulst* holland csillagász még 1945-ben felhívta a figyelmet, hogy esetleg ez a vonal az intersztelláris hidrogén sugárzásaként megfigyelhető. Természetesen a megfigyelhetőség attól is függ, hogyan aránylik a vonalnak az intenzitása a szomszédos

folytonos rádiósugárzás intenzitásához, amelyet egyidejűleg lehet észlelni. *Szklovszki* szovjet fizikus részletes számításai után igen valószínűnek látszott, hogy a vonalat ki lehet mutatni. 1951 márciusában *Ewen* és *Purcell* Amerikában, majd néhány hét múlva *Muller* és *Oort* Hollandiában rádióteleszkóppal tényleg megfigyelték a 21 cm-es vonalat.

A vonal szélessége általában 140 kilohertz, ez megfelel a hidrogénatomok hőmozgásának. A 21 cm-es emisszió az intersztelláris térben igen gyorsan abszorbeálódik, úgyhogy általában közeli, néhány száz parszeknyire levő vidékekről származik. Távolabbi vidékekről csak akkor mutatható ki, ha a ködök hozzánk képest nagy radiális sebességgel mozognak. A Doppler-effektusnak megfelelő hullámhosszeltolódás miatt ekkor a sugárzás akadálytalanul jön hozzánk nagyobb távolságról is. Mármost a differenciális galaktikai forgás következtében, bizonyos irányoktól (pl. a centrum irányától) eltekintve, ilyen nagy radiális sebesség tényleg fellép. Ennek következtében be tudunk hatolni a Tejútrendszer belsejébe, sőt ott még sebességeket is tudunk mérni a Doppler-elv alapján. Minthogy a hidrogén-felhők nem folytonosak, hanem csak a spirális-ágakban találhatók, a radiális sebességkülönbségek nemcsak a vonal kiszélesedésében mutatkoznak, hanem kettős vagy többszörös vonalat lehet kimutatni, aszerint, hogy a vizsgált irányban hány spirális kar van. Így *Muller* a Cygnus csillagkép irányában, amerre a fényes hidrogénködök segítségével csak egy ágat tudunk észlelni, még két hidrogénsűrűsödést figyelt meg 60 és 90 km/sec. radiális sebességgel. Ezek valószínűleg két spirális ágtól származnak 6000 és 9000 parszek távolságból. Az Ophiuchus irányában 8000 parszeknél található egy spirális kar. Úgy látszik, hogy ezek a vizsgálatok hamarosan feltárják előttünk a Tejútrendszer egész spirális szerkezetét.

A folytonos rádiósugárzás, mint nemrég kiderült, igen sok diszkrét forrásból származik. A rádióteleszkópoknak korlátozott felbontóképessége következtében ezek helyzetét nem tudjuk túl pontosan meghatározni, de máig közel 120 ilyen ú. n. *rádiócsillagot* ismerünk. Ezek közül némelyik ismert extragalaktikával esik egybe, de túlnyomó többségüket nem sikerült azonosítani a Tejútrendszernek szemmel vagy fényképezéssel megfigyelhető égitestjeivel. Egyik rádiócsillag összeesik a Crab-ködděl, amely az 1059. évi szupernóvától származik. Legutóbb kimutatták, hogy az 1572. évi szupernóva közelében is van egy rádiócsillag. De ebből a két egyezésből még korai lenne általános következtetéseket levonni a rádiócsillagok természetére vonatkozólag.

Hátra volna még a csillagok eloszlásáról és mozgásáról való ismereteink összekapcsolása. Az eddigi sztellárdinamikai vizsgálatoknak nagy hibája volt, hogy jóformán csak az I. populációjú csillagokkal foglalkozott, míg a II. populációjúkat mint ritka kivételeket tekintette. Az újabb vizsgálatok kiderítették, hogy a II. populációjú csillagok és az átlag-

csillagok alkotják a Tejútrendszer túlnyomó részét, valamint hogy az intersztelláris testek is jelentékeny részét teszik ki a Tejútrendszer tömegének. Amellett az eddigi dinamikai vizsgálatok a Tejútrendszert úgy tekintették, mintha egyedül volna a Világegyetemben. Márpedig a valóságban a Tejútrendszerhez egészen közel vannak a legközelebbi extragalaktikák, a Magellán-felhők és az Androméda-köd. Ezeknek árapályhatását aligha volna szabad elhanyagolni, amikor a Tejútrendszer dinamikáját vizsgáljuk.

A Tejútrendszerre vonatkozó kutatásokban eddig a magyar csillagászok megfelelő műszerek hiányában nem tudtak részt venni. Népi demokráciánk tudománypártoló politikája a csillagászat terén is hatalmas fejlődést indított meg a Zeiss-féle Sonnefeld-típusú tükörteleszkóp megrendelésével. Ennek megérkezésével, valamint a mátrai obszervatórium kiépülésével a Tejútrendszerre vonatkozó kutatások többségében részt tudunk majd venni.

Detre László

KOZMOGÓNIAI ELMÉLETEK

A természettudományoknak Kopernikusz ideje óta a 18. század közepéig tartó fejlődése során fokozatosan fény derült a Naprendszer szerkezetére, és jelentékeny részben ismertekké váltak azok a mozgások, melyeket a bolygók és holdjaik végeznek az általános nehézkedés (gravitáció) hatása alatt. Az említett időszak csillagászai azonban keveset törődtek az égitestek keletkezésének, átalakulásának és jövendő sorsának kérdésével. Mint Engels írja a Természet dialektikája című könyvében, e korszak világszemléletére az jellemző, hogy a természetet abszolút változatlannak képzelték el, tagadva bármilyen fajta fejlődés lehetőségét. A természettudósok megegyeztek egymással abban, hogy amióta az égitestek léteznek (egyesek szerint öröktől fogva, mások szerint teremtésük ideje óta), azóta teljesen változatlanok, és változatlan egyformasággal végzik mozgásaikat úgy, ahogyan azt jelenleg is megfigyelhetjük.

Kant, Herschel és Laplace elméletei

Ezen a megkövesedett természetfelfogáson Kant ütötte az első rést 1755-ben megjelent «Allgemeine Naturgeschichte und Theorie des Himmels» című könyvével, melyben rendszeresen kifejtette azt a gondolatot, hogy az egész világmindenség — beleértve a Naprendszert is — az anyagnak egy alaktalan kaotikus ősállapotából alakult ki, kizárólag mechanikai okok (erők) hatására, az anyag azon sajátságai következtében, melyek rá, mint anyagra jellemzőek. Ezen erők között a legfontosabb szerepet az általános gravitáció játssza. Kant abból a feltevésből indul ki, hogy Naprendszerünk kialakulásának helye körül egy nagy kiterjedésű térség eredetileg ki volt töltve különböző sűrűségű és méretű szilárd részecskékkel, porszemekkel (melyeket modern kifejezésmóddal meteoriteknek is nevezhetünk); ezek rendezetlenül össze-vissza mozogtak, és közöttük a kis sűrűségűek sokkal nagyobb számmal fordultak elő, mint a nagyobb sűrűségűek. Hosszú évmilliók során a nagyobb sűrűségű részecskék gravitációs vonzásuk által maguk köré gyűjtötték az őket környező kisebb fajsúlyú porszemeket, majd a maguk köré gyűjtött anyaggal együtt maguk is a náluk nagyobb sűrűségű részek köré gyűltek

össze. Ez a folyamat addig folytatódott, míg az egész anyag egy központi test körül csoportosult. A rendelkezésre álló egész anyag (a részecskék összessége) azonban Kant szerint nem koncentrálódhatott egyetlen óriási gömbbe, mert ha a részecskék túlságosan közel kerülnek egymáshoz, akkor szerinte (rugalmas) taszító erők lépnek fel. Ezért nagyszámú részecske a központi rész körül fog keringeni, eleinte szabálytalanul, össze-vissza, később azonban összeütközéseik és közeli találkozásaik következtében mozgásaik úgy rendeződnek, hogy minél kevésbbé zavarják egymást. Ez akkor következik be, ha a részecskék egymással párhuzamos és közel egy síkba eső, többé-kevésbbé koncentrikus körpályákon, egymással megegyező irányban keringenek, úgy mint a Szaturnusz gyűrűinek alkatrészei. E porszemek összeütközéseik alkalmával összetapadhatnak, összeállhatnak és az így keletkező nagyobb tömegek aztán magukhoz vonzhatják a közelükben keringő anyag egy részét; így alakulnak ki Kant szerint a bolygók, amelyek ennek értelmében közelítőleg éppen úgy körpályán fognak keringeni, mint azok a részecskék, melyekből kialakultak. A bolygók tengelykörüli forgásait is Kant azon részecskék kölcsönhatásaiból, összeütközéseiből származtatja, melyekből összeálltak.

A bolygók keringésének és tengelykörüli forgásának Kant által adott magyarázata azonban nem fogadható el, mert az impulzusnyomaték megmaradásának tétele szerint annak a (a Naprendszer tömegközéppontjára vonatkoztatott) nagy impulzusnyomatéknak, mellyel a bolygók keringésüknél és (kis részben) tengelykörüli forgásuknál fogva rendelkeznek, jelen kellett lennie abban a porszemekből, szilárd részecskékből álló felhőkben is, melyekből később a Naprendszer kialakul. Az impulzusnyomaték, vagyis a forgás ugyanis nem jöhet létre a részecskék kölcsönhatásai következtében. Másszóval a bolygók keringésének tényéből a mechanika egyik alaptételére hivatkozással arra kell következtetnünk, hogy már a meteoritfelhőnek is forognia kellett, holott Kant abból a feltevésből indult ki, hogy ennek a felhőnek részecskéi csak egymáshoz képest össze-vissza, rendezetlenül mozogtak (úgyhogy a felhő összes impulzusnyomatéka a zérustól alig különbözhetett). Kant elmélete tehát nem tartható fenn, könyvének érdeme azonban hervadhatatlan, mert ebben volt első ízben megfogalmazva a természet saját törvényeiből fakadó fejlődésének gondolata.

A 18. század végén és a 19. század elején W. Herschelt sokat foglalkoztatták az égitestek fejlődésének kérdései. Herschel elsősorban megfigyelő csillagász volt, és saját maga által szerkesztett óriási méretű teleszkópjával számos ködöt fedezett fel. Ennek alapján arra a gondolatra jutott, hogy a csillagok a ködök összesűrűsödésének eredményeképpen jönnek létre, és hogy a ködök jelenleg megfigyelhető különféle típusai ennek a sűrűsödési folyamatnak különböző fázisait reprezentálják. Ez azt jelenti, hogy egyidejűleg látunk az égen különféle «korú» ködöket; ha kellő sorrendben helyezzük tehát őket egymás mellé, helyesen állapítva

meg, hogy kor szempontjából melyik előzi meg és melyik követi a másikat, akkor megkaphatjuk egyetlen köd egész fejlődési folyamatát, éppen úgy, mint ahogy az erdőben — melyben ugyanazon fajhoz tartozó, de különböző korú fák élnek — egy fa egész életének folyamatát rövid idő alatt áttekinthetjük, ha megfigyeljük a különböző korú fákat. Herschelnek ez az eszméje sok esetben talált alkalmazásra a modern kozmogóniai következtetésekben; a ködök fejlődésére vonatkozó következtetései azonban nem kifogástalanok, mert nem ismerte a ködök természetét. Az általa ködnek minősített égi objektumok között egyaránt voltak galaktikai diffúz gázködök, valamint extragalaktikák (vagyis tejútrendszerek, melyek csak az óriási távolság miatt öltenek a távcsőben elmosódott, ködszerű megjelenésformát). Herschel vizsgálataiban tehát az «erdő» nemcsak különböző korú, hanem különböző fajta fákból állt: ennek ellenére Herschel azon gondolata, hogy a gázködök anyagából újabb égitestek keletkezhetnek, a kozmogóniai elméletek többségének szolgál alapjául (ködelmélet).

Az első ilyen elméletet 1796-ban Laplace közölte, matematikai kidolgozás nélkül. Az a körülmény, hogy nem az égi mechanika nagy problémáit tárgyaló ötkötetes, korszakalkotó művébe vette fel, hanem egy népszerű munka függelékébe, arra mutat, hogy nem értékelte különösen sokra.

Egy nem forgó gáztömeg, a részei (molekulái) között ható nehézségi vonzás következtében gömbalakot vesz fel, melyen belül a középpont felé erősen növekszik a sűrűség. Ha ez a gáztömeg forog, akkor a centrifugális erő következtében a forgástengely végpontjai (pólusok) környékén belapul, az egyenlítő környékén pedig kidudorodik. Laplace feltette, hogy az a gáztömeg, amelyből a Naprendszer kialakult, kezdettől fogva forgott tengelye körül; Kanttól eltérően nem törekedett arra, hogy ennek a forgásnak az eredetét megmagyarázza (ami mint tudjuk, Kantnak sem sikerült). Továbbá azt is feltette, hogy a gáztömegnek mind a centrális sűrű része, mind pedig az ezt körülvevő ritka burok eredetileg igen magas hőmérsékletű volt. A lehűlés következtében ez a belapult gázgolyó zsugorodni kezdett, vagyis sugara kisebb lett, impulzusnyomatékának azonban, a mechanika előbb említett egyik alaptétele értelmében változatlannak kellett maradnia, amiből az következik, hogy a zsugorodás közben a forgás sebességének meg kellett növekednie. Ez azonban maga után vonja a centrifugális erő megnövekedését, aminek hatására a gázgolyó egyre lapultabb alakot öltött. A forgási sebesség egyre nagyobb mérvű megnövekedése során bekövetkezett egy időpont, mikor az ekvátormenti részekre ható gravitációs vonzóerőket a centrifugális erő éppen kompenzálta. Ez azt jelenti, hogy a golyó felületén, az ekvátor mentén elhelyezkedő részecskék «elvesztik súlyukat», aminek következtében ezek a részek levá hatnak a golyóról, úgyhogy az egyenlítő mentén anyag kiáramlása indulhat meg. A kiáramlott anyag az ekvátorsík mentén

helyezkedik el vékony gyűrű alakjában, mely a gázgolyóhoz, annak ekvátora mentén csatlakozik és azzal együtt forog. A golyó ritka burkának azok a részei, amelyek messze vannak az ekvátorsíktól, az általános összehúzódási folyamat során a középponti sűrű rész közelébe kerülnek, és azzal együtt hozzák létre a későbbi Napot. Az ekvátorsík mentén nagy kiterjedésű, azonban e síkra merőleges irányban a nagyon vékony gyűrűnek — Laplace elképzelése szerint — az anyag lehűléséből folyó összehúzódása és a molekulák kölcsönös vonzása következtében különálló gyűrűkre kellett szétdarabolódnia. Az így keletkezett különálló gyűrűk aztán szétszakadtak, és anyaguk közelítőleg gömbalakú testekbe sűrűsödött össze, amelyek mindannyian olyan távolságban folytatták keringésüket a középponti rész körül, amekkora annak a gyűrűnek a sugara volt, amelyből kialakultak. Ezeknek a testeknek tengelyük körül is kellett forogniok, keringésükkel megegyező irányban, mivel minden egyes gyűrű belső részeinek kisebb lineáris sebességük volt, mint a külső részeknek. Igy keletkeztek Laplace szerint az egyenlítő mentén kiáramlott anyagból a bolygók. A bolygók holdjai ugyanezen folyamat megismétlődése által jöhettek létre. Ezzel az elmélettel természetes módon magyarázhatók meg a bolygók közelítőleg köralakú pályái, a pályák síkjainak egymással bezárt kicsiny hajlásszögei, valamint a bolygók megegyező irányú keringése és forgása.

A most felsoroltakon kívül azonban a Naprendszernek egyéb feltűnő jellegzetes vonása is van, melyről Laplace elmélete nem tud számot adni. Ezek a következők: a bolygóknak Naptól lévő távolságaiban egy bizonyos törvényszerűség nyilvánul meg, melyet az úgynevezett Titus-Bode-féle tapasztalati formula fejez ki. Ez azt állítja, hogy ha a Nap és Föld közötti távolságot egységnyinek vesszük, akkor az egyes bolygók Naptól való távolságait úgy kapjuk meg, hogy a $0,4 + 0,3 \cdot 2^n$ kifejezésben n helyébe egymás után a 0, 1, 2 stb. számokat helyettesítjük. Az $n = 0$ eset a Vénusz, az $n = 1$ eset a Föld távolságát adja stb.; a legbelső bolygó, a Merkur távolságát a formula első tagja, 0,4 fejezi ki. Ez a formula csak közelítőleg adja meg a bolygók tényleges távolságarányait, azonban nem kétséges, hogy a bolygók térbeli elhelyezkedése a Nap körül nem a véletlen műve, és egy kozmogóniai elmélettől el kell várnunk, hogy a bolygók távolságainak arányait megmagyarázza. Egy további feltűnő vonása a Naprendszernek, hogy a bolygók két egymástól erősen eltérő típusba sorolhatók, úgy mint a viszonylag kis tömegű, nagy sűrűségű és elég lassan forgó Föld-típusú (belső) bolygók, illetve a nagytömegű, kis sűrűségű és gyorsan forgo Jupiter típusú (külső) bolygók csoportjához. (A nemrég felfedezett Pluto bolygó ez alól kivételt képez.) Végül egy kozmogóniai elméletnek meg kell tudni magyaráznia az impulzusnyomatéknak a Naprendszeren belül mutatkozó anomális eloszlását, ami a Laplace-féle elmélet alapján teljesen lehetetlennek bizonyult. A Laplace-elmélet ezen fogyatékosságára a múlt század 80-as éveiben Fouché muta-

tott rá, és az ő kritikája nyomán századunk első évtizedeiben már a Laplace-elmélet álláspontját tarthatatlannak kezdték tekinteni.

Az impulzusnyomaték eloszlásával összefüggő nehézségek a következőkben állnak. A mai Naprendszer együttes tömegének 99,8%-a a Napra, míg teljes impulzusnyomatékának 98%-a a bolygókra esik. Ha a Laplace-elmélet alapján képzeljük el magunknak a Naprendszer kialakulását, akkor fel kell tennünk, hogy az a gázgolyó, melyből a Nap és a bolygók keletkeztek, egészen a legkülső bolygó pályájáig terjed ki és olyan gyorsan forgott, hogy legkülső egyenlítőmenti részeinek sebessége megegyezett a legkülső bolygó keringési sebességével. Ezekből az adatokból — bármilyen többé-kevésbbé elfogadható sűrűségű eloszlást tételezünk is fel a gázgolyón belül és még akkor is, ha az anyagnak egy erős középponti koncentrációjával számolunk — az egész gázgolyó impulzusnyomatéka mindenképpen óriási. Ebből csak egészen jelentéktelen százalék eshetett arra a kis százalékot kitevő tömegre, amelyből a bolygók kialakultak, a többi impulzusnyomatéknak pedig át kellett volna mennie a Napba. A Nap jelenlegi impulzusnyomatékával ez sehogy sem egyeztethető össze, hiszen az egész Naprendszer impulzusnyomatékának mindössze csak 2%-a esik a Napra.

Ugyanez a nehézség a 19. század folyamán felvetett kozmogóniai elméletek túlnyomó részének esetében is fennáll; ezek többé-kevésbbé úgy tekinthetők, mint a Laplace-elmélet variánsai és a kozmogóniai elméletek azon alaptípusához tartoznak, amelyek álláspontja szerint a Nap és a bolygók közel egyidejűleg egy közös ősanyagból (ködből, gázgolyókból) alakultak ki. Mindezeknek az elméleteknek az esetében nem lehet olyan mechanizmust elképzelni, amely előidézhetné azt, hogy az ősanyag impulzusnyomatékának túlnyomó része a mai Naprendszer külső részeibe (a bolygókba), ugyanakkor pedig tömegének túlnyomó része a központi részbe (a Napba) koncentrálódjék. Néhány évvel ezelőtt V. G. Feszenkov szovjet akadémikus, egy szintén ehhez a típushoz tartozó elméletet dolgozott ki, amely az impulzusnyomaték eloszlásával kapcsolatos nehézséget a csillagok úgynevezett korpuszkuláris sugárzásának figyelembevételével küszöböli ki. A csillagok ugyanis nemcsak fényt és hőt sugároznak, hanem anyagi részecskéket (elektronokat, protonokat stb.) is. A mi Napunknak is van ilyen sugárzása, mely hatással van a Föld légkörének elektromos és mágneses jelenségeire is (pl. az északi fény). A csillagok fejlődésére jellemző, hogy a korpuszkuláris sugárzás a csillag fejlődésének korai szakaszában igen erős, később pedig nagyon legyengül. A Nap jelenlegi állapotában a korpuszkuláris sugárzás már csak jelentéktelen mértékben változtatja meg tömegét, azonban — mint hamarosan látni fogjuk — fejlődésük korai stádiumában lévő csillagokból igen erős anyagkiáramlás megy végbe, úgyhogy ezek a csillagok viszonylag rövid idő alatt tényleges tömegveszteséget szenvednek. Ezt figyelembe véve arra a következtetésre jutunk, hogy kb. 4—5

milliárd évvel ezelőtt (több egymástól független következtetési elv alapján ekkora nagyságrendű idő adódik a Nap korára) a Nap tömege sokkal nagyobb volt jelenlegi tömegénél. Feszenkov számításai szerint abban az időben a Nap tömege kb. a mainak tízszerese volt és eleinte rohamosan, majd később sokkal kisebb mértékben állandóan csökkent tömegéből és csökken még ma is, azonban az utolsó kétmilliárd év alatt már csak igen jelentéktelen mértékben változott meg.

Ha figyelembe vesszük a Nap tömegveszteségét, akkor megoldódnak az impulzusnyomatékkal kapcsolatos nehézségek. Ugyanis a hajdani nagyobb tömegű Nap impulzusnyomatékának értéke is sokszorosa volt a jelenleginek. Az évmilliárdok folyamán kidobott tömeg azonban magával vitte az impulzusnyomaték túlnyomó részét. Ennek a kidobott tömegnek túlnyomó része szétszóródott a világmindenségben az impulzusnyomaték reá eső részével együtt, és csak igen kis része ment át a bolygókba. Alátámasztja ezt az a körülmény is, hogy míg a Nap anyagának 95%-a kis atomsúlyú, könnyű gázokból, hidrogénből és héliumból áll, addig a bolygók majdnem kizárólag nehéz elemekből állnak. A Nap által kidobott anyag tehát magával vitte a világűrbe eredeti impulzusnyomatékának javarészét és így érthető, hogy jelenleg csak kis impulzusnyomatékkal rendelkezik. Ha még azt is figyelembe vesszük, hogy az egykori Nap tízszerte nagyobb tömege mellett az eredeti gázgolyónak sem kell olyan nagy méreteket, tehát olyan óriási impulzusnyomatékot tulajdonítanunk, mint ahogyan Fouché számította fentemlített kritikájában (mivel a Nap tízszer nagyobb vonzóereje miatt, a mechanika egy ismert tétele értelmében, a bolygók távolságai a Naptól tízszerte kisebbek voltak a jelenlegieknél), akkor az impulzusnyomatékkal kapcsolatos nehézségek áthidaltnak mondhatók.

Feszenkov régebbi elmélete

Feszenkov azt állítja, hogy a Nap és a bolygók lényegileg egyidejűleg és egyazon egységes folyamat eredményeképen alakultak ki az ősközeg anyagából. Erre a megállapításra annak a felismerése vezette Feszenkovot, hogy a Naprendszer is ugyanazon általános elvek szerint jöhetett csak létre, mint általában az égitestek több tagból álló rendszere, amilyenek például a kettős csillagok, a nyílt halmazok, vagy az Ambarcumján-féle csillagtársulások, melyekről később szó lesz. Ambarcumján kimutatta, hogy már a kettős csillagok túlnyomó többsége sem jöhetett létre véletlen találkozás és összeállás révén (egy harmadik csillag jelenlétében) már korábban meglévő két csillagból. Ha a kettős csillagok így jöttek volna létre, akkor előfordulásuk gyakoriságának százaléka az összes csillagok között nem lehetne nagyobb annál a statisztikus mechanika elvei alapján kiszámítható értéknél, amely mellett átlagosan ugyanannyiszor fordulna elő két csillag összeállása, mint ennek a folyamatnak megfordítottja, vagyis egy kettős csillag szétválása. A megfigyelések azonban nem ezt

mutatják, mert a kettős csillagok ténylegesen megfigyelt gyakorisága ennek az értéknek többmilliószorosa. A kettős csillagok többsége tehát nem keletkezhetett összeállás által. Annak a valószínűsége, hogy a népesebb csillagcsoportok összeállás által keletkeztek, még sokkal kisebb, mint a két tagból álló rendszereké (kettős csillagoké) és gyakorlatilag zérusnak vehető.

Eszerint csak a következő két lehetőség áll fenn: a csillagok összetartozó csoportjai vagy egyszerre alakultak ki egy ősközegből, vagy pedig az ősközegből először egy (vagy néhány) csillag képződött, melyek később széthasadtak. (A hasadás mechanizmusát később Feszenkov újabb elméletével kapcsolatban fogjuk tárgyalni.) Feszenkov rámutatott arra, hogy a kétféle lehetőség közti különbség elmosódik, ugyanis egy csillag kettéválása mindenképen csak létezésének egészen korai szakaszában következhetik be. Feszenkov szerint a kettéválás oka abban keresendő, hogy a csillag túl gyors forgása (a túl nagy centrifugális erő) miatt nincsen stabilis egyensúlyban; ez általában akkor következik be, ha az ősközegből túl nagy tömeg sűrűsödött össze egy csillagba, ha pedig a forgási stabilitás nem áll fenn, akkor ennek következményei rövidesen megmutatkoznak, éspedig vagy a csillag szétesésében — aminek nem sokkal kialakulása után be kell következnie — vagy pedig abban, hogy a csillag egyenlítője mentén anyagkiáramlás indul meg, mely eltávolítja a fölös tömeget. Az is lehetséges azonban, hogy az ősközegből már eleve több kisebb csillag keletkezik, melyek nem forognak túl gyorsan, és ezért egyensúlyban vannak. Ez az elgondolás megmagyarázza azt a tapasztalati tényt, hogy a csillagok tömegeinek van egy felső korlátja (kb. 10^{34} g), valamint a csillagoknál az is megfigyelhető, hogy nem egyenként, magánosan keletkeznek, hanem csoportosan jönnek létre (tekintve, hogy az ősközegben általában nagyobb tömegű anyag van jelen, mint az a maximális tömeg, amely egy csillaggá összetömörülhet).

Lássuk ezek után, melyek Feszenkov elméletének kiindulási pontjai és hogyan indokolhatók meg ezek a csillagászat modern eredményei alapján.

Az elmélet első posztulátuma az úgynevezett tömegfényesség-összefüggés érvényessége. Tapasztalati tény, hogy egy összefüggés áll fenn a csillagok tömege és abszolút fényessége között; ennek értelmében minél nagyobb egy csillag tömege, annál nagyobb abszolút fényessége is. Közelítő formulával kifejezve ez az összefüggés a következőképpen írható fel: $L = c\,M$, ahol L a csillag abszolút fényességét, M a tömegét jelenti, c pedig egy állandó. A csillagok fényessége és tömege közötti összefüggést egy diagrammal is szemléltethetjük. Ha egy derékszögű koordinátarendszer vízszintes tengelyére a csillagok tömegének megfelelő, függőleges tengelyére pedig az abszolút fényességüknek megfelelő mértékszámokat mérjük fel, akkor minden csillagnak ebben a dia-

grammban egy pont felel meg. Ez a diagramm szorosan összefügg a már ismert Russell-diagrammal. Ha ez utóbbiban az egyenlő tömegek görbéi be vannak rajzolva (v. ö. 81. §), akkor ez a diagramm is feltünteti a tömegek és fényességek közti kapcsolatot és ennek alapján rögtön meg is szerkeszthetjük a tömeg-fényesség diagrammot. Ha a diagramm segítségével nagyon sok csillagot ábrázolunk, azt tapasztaljuk, hogy a csillagoknak megfelelő pontok nem egyenletesen borítják be a diagramm mezejét, hanem túlnyomó többségük egy keskeny sávba esik; ebbe a sávba eső csillagokról azt mondjuk, hogy a diagramm úgynevezett fő ágához tartoznak. E sávnak a tengelyét a tömegfényesség-összefüggés grafikonjának tekinthetjük. Feszenkov már mostan feltételezi, hogy a főághoz tartozó csillagok tömege és fényessége fejlődésük minden stádiumában eleget tesz ennek az összefüggésnek. A tömegfényesség-diagramm tehát nemcsak statisztikus diagramm, hanem a főág csillagainak fejlődési törvényszerűségét tünteti fel; a csillag állapota úgy változik fejlődése folyamán, hogy a diagrammban neki megfelelő pont végigvonul a főág mentén. Ahhoz azonban, hogy diagrammunkat valóban egy ilyen fejlődési folyamat törvényszerűsége kifejezésének tekinthessük, fel kell tételeznünk, hogy a csillagok tömege is fejlődésük során lényegesen megváltozik, hiszen a diagramm fő ágának különböző pontjai a tömeg különböző értékeinek felelnek meg. Kérdés azonban, hogyan változhatik meg a csillagok tömege számottevő mértékben? A csillagok közötti közegből felvett anyagok révén a csillagok tömege csak jelentéktelenül növekedhetik meg és az energiasugárzással együttjáró tömegveszteség sem lehet nagyobb 0,7%-nál, ha a sugárzást — mint ahogy általában feltételezik — a hélium atommagoknak hidrogén atommagokból való felépülése alkalmával felszabaduló energia tartja fenn. Hogy a tömegfényesség diagrammot tényleg fejlődési folyamat ábrázolásának tekinthessük, fel kell tehát tennünk, hogy a csillagok tömege állandóan számottevő mértékben csökken anyaga egy részének kidobása, vagyis korpuszkuláris sugárzás következtében. Ez Feszenkov második posztulátuma, amelyről már fentebb is volt szó.

A mondottak alapján arra az elgondolásra jutunk, hogy a csillagok mint nagytömegű égitestek alakulnak ki és fejlődésük során ez a tömeg állandóan csökken. A tömegfényesség-reláció alapján azonban ebből az is következik, hogy a nemrég kialakult fiatal csillagok nemcsak a legnagyobb tömegűek, hanem a legnagyobb fényességűeknek is kell lenniök. Hogy ez valóban így van, az Ambarcumján vizsgálataiból következik, melyeknek ismertetésére hamarosan rátérünk. Ambarcumján eredményei azt is mutatják, hogy az erős anyagkiáramlás szintén általában a fiatal, nagy abszolút fényességű csillagoknál jelentkezik. Ezekkel a tényekkel egybehangzóan Feszenkov harmadik posztulátuma abból áll, hogy a korpuszkuláris sugárzás intenzitása, tehát a csillag tömegének az időegységre eső csökkenése, a csillag fejlődésének minden szakaszában

arányos az abszolút fényességgel. Végül a negyedik posztulátum arra vonatkozik, hogy miként változik egy csillag százalékos hidrogéntartalma, amint fejlődése során a csillagot reprezentáló pont végighalad a tömegfényesség-diagramm fő ágán. Ezzel kapcsolatban Feszenkov elfogadja, hogy egy «fiatal» csillag hidrogéntartalma kb. 60%, míg a Nap jelenlegi hidrogéntartalma Szevernij szovjet asztrofizikus meghatározása szerint csak 38%. Az említett feltevések alapján Feszenkov, mint már említettük, arra az eredményre jut, hogy a Nap impulzusnyomatéka és forgási sebessége az utóbbi kétmilliárd év alatt csak nagyon keveset változott, azonban az időben visszafelé haladva, a harmadik évmilliárdtól kezdve számottevő, a negyedik évmilliárd folyamán pedig katasztrofális megnövekedést kapunk. Ilyen gyors forgás mellett a Nap nyilván nem lehetett egyensúlyi állapotban, tehát nem létezhetett mint különálló csillag. A Nap keletkezésének idejére ilyen módon nyert érték jól egyezik egyéb számítások eredményeivel.

Ambarcumján elmélete

Térjünk ki most röviden Ambarcumján előbb említett kozmogóniai eredményeinek ismertetésére. Ambarcumjánnak sikerült a csillagoknak olyan összetartozó rendszereit felfedezni, melyeknek tagjai kölcsönös gravitációs vonzásuknál fogva egymást lekötve tartják ugyan, azonban annyira szét vannak szórva, hogy a rendszer egyes tagjai elég könnyen kirepülhetnek belőle, s a rendszer nem stabilis és a statisztikus mechanika módszereivel ki lehet számítani, hogy viszonylag rövid idő, néhányszor tízmillió év folyamán teljesen felbomlik. Az Ambarcumján által felfedezett és asszociációknak, csillagtársulásoknak nevezett rendszerek kora tehát nem lehet lényegesen több, mint néhányszor tízmillió év. A tízmillió éves időköz ebben a vonatkozásban rövidnek számít, amennyiben az eddig ismert népesebb és szorosabban összetömörült csillagrendszerek, az úgynevezett nyílthalmazok (pl. a Plejádok, magyarul Fiastyúk) annyira stabilisak, hogy legfeljebb évmilliárdok folyamán bomolhatnak fel. Másrészt az asszociációk nem jöhettek létre összeállás által, már korábban meglévő csillagokból, hiszen már egy két tagból álló rendszer összeállásának valószínűsége is a fentebb mondottak értelmében elenyészően csekély; az asszociációk pedig több tucat csillagból állnak. Ebből következik, hogy a csillagtársulásokat alkotó csillagok sem lehetnek idősebbek maguknál a társulásoknál, vagyis koruk legfeljebb néhányszor tízmillió év. Ugyanakkor tudjuk, hogy vannak többmilliárd éves csillagok is, hiszen a földkéreg kora is legalább ekkora, amint például a rádioaktív bomlástermékek arányából megállapítható. Ebből mindenekelőtt az következik, hogy a csillagok nem keletkezhettek egyidejűleg; másrészt az asszociációk tanulmányozása alapján arról is tájékozódhatunk, hogy közvetlenül kialakulásuk után milyen állapotban vannak a csillagok.

Csak meg kell figyelnünk, hogy melyek azok a típusok, melyeknek jelenléte az asszociációk népességére jellemző, hiszen tudjuk, hogy az asszociációk tagjai mind fiatal csillagok. Megállapítható, hogy a csillagtársulásokban különösen nagy szerepet játszanak a nagytömegű és fényességű, magas hőmérsékletű (fehér) óriás csillagok. Feltűnő, hogy a csillagok nagy részének színképében a szokásos Fraunhofer-féle abszorpciós vonalak mellett fényes emissziós vonalak is vannak jelen, ami erős anyagkiáramlásra, korpuszkuláris sugárzásra utal, mivel ezen vonalak csak olyan fényforrásból származhatnak, amely kívül van a csillag atmoszférájának megfordító rétegén. Ambarcumján vizsgálataiból tehát valóban az következik, hogy a csillagok mint nagytömegű és nagy abszolút fényességű csillagok jönnek létre, és létezésük kezdeti korszakában igen intenzív korpuszkuláris sugárzásuk van. Ez utóbbi azonban nemcsak a fiatal csillagok sajátsága; a fejlődés későbbi korszakaiban is jelen van, de sokkal kisebb mértékben és sokkal nehezebben mutatható ki, mivel ekkor már nem lépnek fel emissziós vonalak és így csak az abszorpciós vonalak gondos vizsgálata alapján következtethetünk anyagi részecskék kibocsátására.

Feszenkov újabb elmélete

A kozmogóniai elméletek egy másik alaptípusához azok az elméletek tartoznak, melyek szerint a bolygók anyaga már a korábban kialakult Napból vált ki. Ehhez a típushoz tartozik V. G. Feszenkov akadémikus újabb rotációs elmélete, amely a Nap belsejében végbemenő fizikai folyamatok törvényszerűségein alapul. Ismeretes, hogy a Nap által jelenleg kisugárzott óriási mennyiségű energiaforrása a hidrogénnek átalakulása héliummá. Ez a folyamat csak a Nap középponti részeiben uralkodó olyan magas hőmérséklet mellett tud végbemenni, mely meghaladja a 20.10^6 fokot. Néhány milliárd évvel ezelőtt azonban a Nap olyan fizikai állapotban volt, melyet a vörös óriás csillagoknál figyelhetünk meg; óriási kiterjedésű és alacsony hőmérsékletű csillag volt, amelynek középpontjában sem volt két-hárommillió foknál magasabb hőmérséklet. Ilyen alacsony hőmérséklet mellett nem mehet végbe a hidrogénnek héliummá átalakulása, úgyhogy egy ilyen csillag sugárzása eleinte az összehúzódás alkalmával felszabaduló gravitációs potenciális energiából táplálkozik, majd megindulnak olyan atommagreakciók, melyek már alacsonyabb hőmérsékleten is végbe mehetnek. Ezen magreakciókra az alacsony atomrendszámú berillium, bór és litium részvétele jellemző. Ezek az anyagok azonban csak kis mennyiségben fordulnak elő a csillagokban és ezért a készletek hamar kimerülnek; amikor ez bekövetkezett, az energiaforrásaitól megfosztott Nap gyorsan zsugorodni kezdett, minek következtében forgási sebessége erősen megnövekedett. Az összehúzódásnak ez a folyamata addig tartott, míg a Nap középpontjában a hőmér-

séklet nem emelkedett 20.10^6 fokra, amikor is megindulhattak a hidrogénnak héliummá átalakulására vezető atommagreakciók.

Addig amíg a forgási sebesség kicsiny volt — akárcsak jelenleg — a Nap alakja a gömbtől kevéssé különbözött. A forgási sebesség megnövekedésével azonban egy forgó folyadéktömeg vagy gáztömeg egyensúlyi alakja egyre jobban deformálódik. Az enyhén lapult forgási ellipszoidból egyre erősebben lapult forgási ellipszoid, mely átmegy egy legkisebb tengelye körül forgó háromtengelyű ellipszoidba, majd a forgási sebesség további megnövekedése esetén körtéhez hasonló alakot vesz fel. Összenyomhatatlan folyadékok esetére A. M. Ljapunov, gázokra vonatkozólag pedig Jeans mutatta ki, hogy a körtealak nem stabilis, vagyis bármilyen külső zavaró behatás megszünte után sem veszi fel újból a forgó tömeg ezt az alakot, hanem egyre jobban eltér tőle s kettéhasad: a körte nyaka egyre jobban összeszűkül, s ezáltal a körte megnyúlt része leválik. Ebből a levált részből alakultak ki a bolygók. Az egész bolygórendszer kezdetben mindössze néhánymillió kilométer átmérőjű volt, az idők folyamán azonban a dagály-evolúció és a Nap anyagának tömegvesztesége folytán a bolygók eltávolodtak a Naptól, és a Naprendszer felvette jelenlegi méreteit.

Katasztrófa-elméletek

Az elméleteknek egy másik csoportjánál, a bolygók anyagának kiválását a Napból, egy, a Nap közelében elhaladó másik csillag idézte elő (katasztrófa-elméletek). Mint hamarosan látni fogjuk, ezeknél az elméleteknél megint fellépnek az impulzusnyomaték vizsgálatával összefüggő sarkalatos nehézségek.

Chamberlin és Moulton feltevése szerint, a közelben elhaladó csillag a Napon óriási dagályhullámokat létesített (ez a jelenség hasonló a Hold és a Nap által a Föld vízburkán létesített dagályhullámokhoz, csak azoknál sokkal nagyobb méretű), amelyeknek helyén a Nap belső részeiből gázok törhettek elő. Ezek a másik csillag eltávozása után is szilárd részecskékké alakultak át és különféle pályákon kezdtek keringeni a Nap körül. Az így keletkezett meteortestecskék, a katasztrófát előidéző csillag mozgásának iránya által megszabott közös síkban és megegyező irányban mozogtak. Moulton kimutatta, hogy a köztük bekövetkező összeütközések eredményeképen a meteorrészecskék helyenként egyre nagyobb tömegekké állnak össze, melyeknek pályái annál kevésbbé fognak eltérni a körpályától, minél nagyobb számú összeütközés során jöttek létre, vagyis minél nagyobb a tömegük.

Ehhez az elmélethez nagyon közel áll Jeans elmélete, mely ettől csak annyiban különbözik, hogy Jeans szerint a Napból kivált anyag legalább is a bolygók kialakulásáig gáznemű maradt, míg Moulton és Chamberlin szerint ez az anyag mindjárt különválása után meteorit-

szerű szerkezetet vett fel, vagyis a bolygók összeállásakor már szilárd részecskékből állt. A Napból kiáramlott gázok a két csillag relatív mozgásának síkjában egy szivaralakú nyúlványt alkottak, melynek szétesése folytán a középső, vastagabb részekből keletkeztek a bolygórendszer középső nagy bolygói, két vékony végéből pedig a kisebb bolygók.

Ezek a katasztrófa-elméletek két szempontból is cáfolhatók. Az egyik szempont — mint már említettük — az impulzusnyomaték vizsgálatán alapul. Ugyanis hozzávetőleges becslések alapján H. N. Russel, majd pontos számításokkal N. N. Parijszkij és N. F. Rejn kimutatták, hogy ezen elméletek szerint nem magyarázható meg az, hogy a bolygók miképpen tettek szert jelenlegi impulzusnyomatékaikra. A másik szempont, a csillagok közeli találkozásainak szerfölötti ritkaságán alapul. A csillagok ugyanis átlagosan olyan nagy távolságokra vannak egymástól (a Nap környezetében átlagosan 10 parszek[3]-re mindössze csak egy csillag esik), hogy két csillag csak rendkívül ritkán közelíti meg egymást olyan mértékben, amennyire az bolygók keletkezéséhez szükséges, ha a bolygók keletkezését a Jeans-féle elmélettel magyarázzuk. K. K. Ogorodnyikov számításai szerint annak a valószínűsége, hogy egy csillag a Jeans-féle elmélet értelmében bolygóra tehessen szert, mindössze 1/300 000-rel egyenlő, ha a csillag a Tejútrendszer többi csillagai között akkora utat fut be, melynek hossza a Tejútrendszer átmérőjével egyenlő. Ebből következik, hogy ha Jeans elmélete helyes volna, akkor a legnagyobb ritkaságszámba menne az, hogy egy csillagnak bolygói vannak. Ezért üdvözölték nagy örömmel Jeans elméletét, a Föld kitüntetett szerepére vonatkozó vallásos és antropocentrikus tanok hívei. Másrészt azonban ezzel összefüggésben meg kell említenünk, hogy a legutóbbi tíz év folyamán a Nap legközelebbi szomszédságában lévő számos csillagról kimutatták, hogy körülöttük bolygók keringenek. A nagy távolság, valamint a bolygók kis méretei és gyenge fénye miatt természetesen közvetlenül nem lehet azokat a távcsőben megfigyelni, azonban jelenlétük kimutatható a kérdéses csillagok mozgásaiban megfigyelhető egyenetlenségek alapján. Az a körülmény, hogy már a Nap legközelebbi szomszédságában is számos csillag körül keringenek bolygók, teljesen tarthatatlanná teszi a Jeans-, illetve a Chamberlin—Moulton-féle feltevés álláspontját.

Kaptációs elméletek

Végül a kozmogóniai elméletek harmadik alaptípusához azok a feltevések tartoznak, melyek szerint a bolygók anyagát a Nap a csillagok közötti térből ragadta magával (kaptációs elméletek). Ezek az elméletek a Naprendszert nem mint elszigetelt jelenséget tekintik, és keletkezésének megmagyarázására figyelembe veszik a Tejútrendszert, amelynek a Naprendszer része. A galaktikai anyag bevonásával egy csapásra megszűnnek az impulzusnyomatékkal kapcsolatos kérdések, mert a Tejútrendszeren belül, egymáshoz képest rendezetlen mozgást is végző csillagok, valamint

gáz- és porfelhők egymáshoz képest óriási impulzusnyomatékkal rendelkeznek és a bolygók ebből meríthették azt a nagy impulzusnyomatékukat, amelyet jelenleg megfigyelhetünk.

Ebbe a kategóriába tartozik See elmélete, aki feltételezte, hogy a Nap a bolygókat, mint teljesen kialakult kész égitesteket ragadta magával a világűrből, ahol addig mint önálló égitestek, sötét gömbök léteztek. Természetesen azonnal felmerül a kérdés: vajjon ilyen magávalragadás (kaptáció) lehetséges-e? Két csillag esetében, ha a többi, tőlük nagyon távol lévő csillagok gravitációs vonzását elhanyagolhatónak tekinthetjük, vagyis az égi mechanika úgynevezett kéttest-problémájának álláspontjára helyezkedünk, nyilván nem következhetik be kaptáció, vagyis a két csillag, amely mint két különálló égitest, eredetileg nagy távolságból közeledett egymáshoz, nem állhat össze két csillagból álló rendszerré, kettős csillaggá. Ugyanis a kéttest-problémának, minden lehetséges megoldása szerint, a két test relatív pályája kúpszelet, vagyis ellipszis, parabola vagy hiperbola. Ha a két csillag eredetileg nem alkotott összetartozó rendszert, akkor a relatív mozgás pályája nem lehet ellipszis, tehát akkor vagy parabola vagy hiperbola, de ez utóbbi esetekben a két test megint minden határon túl el is távolodik egymástól. Magávalragadás, kaptáció, összeállás egy kettős csillaggá nyilván nem lehetséges, hacsak nincs jelen még egy harmadik test is, amely elég nagy tömegű és elég közel van ahhoz, hogy számottevő módon befolyásolja a két csillag gravitációs terét abban az időben, mikor azok legjobban megközelítik egymást. Később foglalkozunk azzal, hogy bizonyos feltételek mellett egy harmadik testnek a jelenléte valóban lehetővé teszi a kaptációt. Ez utóbbinak a szerepét azonban egy ellenálló közeg is helyettesítheti, mely gondoskodhatik arról, hogy az egymáshoz képest hiperbolikus pályán, túl nagy relatív sebességgel közlekedő két test sebességét csökkentse, minek következtében a relatív mozgás pályája ellipszisbe mehet át, és a két test együttmarad mint összetartozó rendszer. See az utóbbi feltevéssel élt, azonban olyan anyagnak a nyomai, amely ezt az effektust kiválthatta volna, jelenleg nem mutathatók ki. Ezenkívül See feltevése alapján sem a bolygók köralakú pályái, sem közelítőleg egybeeső pályasíkjai, sem egyirányú keringéseik nem magyarázhatók meg.

Smidt elmélete

Eddig csak egyetlen olyan kozmogóniai elmélettel rendelkezünk, amely a Naprendszer fentebb felsorolt összes lényeges vonásait egységes szempontból tudja megmagyarázni. Ezt az elméletet O. J. Smidt szovjet akadémikus számos munkatársával együtt dolgozta ki 1943-tól kezdve. Smidt elméletének alapgondolata abban áll, hogy a Nap valamelyik galaktikai gáz- és porködön keresztülhaladása alkalmával a köd anyagának egy részét magávalragadta. Ezek az elragadott részek eleinte önállóan, külön pályákon keringtek a Nap körül, majd nagyszámú ilyen részecske

egyesüléséből alakultak ki a bolygók. E feltevés alapján azonnal érthetővé válik a bolygók köralakú pályája. Egyesülésük előtt az egyes részecskék a legkülönbözőbb irányokban és különböző mértékben megnyúlt, tehát a legkülönfélébb helyzetű, alakú (lapultságú) és méretű ellipsziseken keringtek, összetapadásuk alkalmával azonban az elliptikus pályákból, közepelési folyamat által egy átlagos pálya alakult ki, melynek meghatározó adatai között már nem szerepelhetett egy kitüntetett irány; ez a pálya tehát egyik irányban sem nyúlik meg. A különböző alakú ellipszisek között azonban csak a kör rendelkezik ezzel a tulajdonsággal. (Hasonlóan egyszerű, a szimmetrián alapuló meggondolásokkal belátható az is, hogy a bolygók pályái közelítőleg egy síkba esnek, és keringésük iránya megegyező.) Ha azonban a Nap a bolygókat mint kész, kialakult égitesteket ragadta volna magával, akkor ezek különböző alakú (lapultságú) ellipsziseken keringenének, miként a kettős csillagok.

A régebbi kozmogóniai elméletekben a Napot körülvevő ritka, szétszórt anyag részecskéi vagy gázmolekulák (Laplace), vagy szilárd porszemek (Kant) voltak. Smidtnek, hogy a bolygók forgásának a keringési irányával megegyező irányát megmagyarázhassa, fel kellett tennie, hogy a részecskék összeütközései alkalmával kinetikus energiájuk jelentékeny része hővé alakul át. Ez a feltevés természetesen magában foglalja, hogy a Nap körül eredetileg keringő rajnak jelentékeny részben szilárd, porszerű részecskékből kellett állnia, amelyekhez gáz is keveredhetett. Az ilyen feltevésből kiinduló kozmogóniai elméleteket, mint tudjuk, *meteorit-elméletek*nek nevezzük. A Nap körül keringő porszerű anyag jelentékeny impulzusnyomatékkal rendelkezett, mely később átment a belőle kialakult bolygók forgási impulzusnyomatékába. Ami a raj részecskéi bolygókká sűrűsödésének mechanizmusát illeti, Smidt megjegyzi, hogy ezt a folyamatot már a kinetikus energiának az összeütközések alkalmával bekövetkező, előbb említett fokozatos elvesztése (átalakulása hővé) is előmozdítja. Ezenkívül utal L. E. Gurevics és A. I. Lebegyinszkij nemrég megjelent nevezetes vizsgálataira, mellyel kimutatták, hogy a raj fejlődésének az a tendenciája van, hogy egész anyaga egy sík mentén koncentrálódjék, amelynek környezetében tehát a sűrűség növekedni fog. Amint a sűrűség elér egy bizonyos kritikus értéket, egyes gócokban megindul a helyi sűrűsödések képződésének a folyamata; ezek a sűrűsödések egymással összeütközve részben szétdarabolódnak, majd megint összetapadnak, végül is a bolygók kialakulásához vezetnek. A raj ezt a fejlődési folyamatát más módszerrel G. F. Hilmi is levezette 1951-ben megjelent könyvében.

A belső (a Földhöz hasonló) és a külső (a Jupiterhez hasonló) bolygók szerkezeti eltéréseit Smidt úgy magyarázza meg, hogy a Nap közelében a jelentékeny fénynyomás következtében a részecskék egy része elrepült a világűrbe, a szilárd porrészecskékre eredetileg ráfagyott könnyű gázmolekulák (hidrogén, hélium stb.) pedig a Nap sugarainak melegétől

elpárologtak. A Naptól távolabb ezek a folyamatok nem következtek be, sőt egyre több gáz fagyott rá a szilárd részecskékre; a síkba koncentrálódott, tehát erősen átlátszatlan raj porszemei ugyanis nagyon alacsony hőmérsékletűek voltak. Ennek következtében a Nap közelebbi környezete anyagban viszonylagosan szegény lett, tehát csak kistömegű bolygók keletkezéséhez állott rendelkezésre elegendő anyag; különösen nagy hiány állott elő a könnyű elemekben. A távolabbi tartományokban ezzel szemben megmaradtak az előfeltételek olyan nagyobb tömegű bolygók kialakulásához, melyek nagy részben a Földhöz hasonló bolygókon ritka, könnyű elemekből (H, C, N, O) állnak. Smidt szerint ezek az elemek, amelyek az intersztelláris közeg összetételében nagy szerepet játszanak, a raj külső övezetében a szilárd részekhez hozzáfagyva és azokhoz kötötten maradva átmentek a külső bolygók anyagába. A Földön ezek közül az anyagok közül csak az oxigén tudott nagyobb mennyiségben megmaradni, mert könnyen alkot vegyületeket nehezebb elemekkel.

A könnyű elemek viszonylagosan ritka előfordulását a Földön számos szerző — többek között Feszenkov is — annak tulajdonítja, hogy a Föld magas kezdeti felületi hőmérséklete következtében vesztette el a könnyű elemek nagy részét. Ezek molekuláinak átlagos sebessége ugyanis többezer fokos hőmérséklet mellett nagyobb volt az ú. n. kifutási (szökési) sebességnél; ez utóbbinak értéke a bolygó felületén annak tömegétől és sugarától függ. A nagytömegű külső bolygók (ugyanolyan hőmérsékleti viszonyok mellett) jobban megtarthatták atmoszférájuk könnyű alkatrészeit, mint a belső bolygók, mert — mint a bolygók adataiból könnyen kiszámítható — felületükön a kifutási sebesség értéke sokkal nagyobb.

Smidt tagadja, hogy a könnyű elemek relatív ritkasága a Földön annak bizonyítékául volna tekinthető, hogy felületi hőmérséklete kezdetben magas volt. Hivatkozik a Szaturnusz Titán nevű holdjára, melynek atmoszférája a Szaturnuszéhoz teljesen hasonló összetételű (főleg könnyű gázokból, metánból és ammóniából áll), holott tömege a Holdétól kevéssé különbözik (mindössze a Holdének kétszerese). Ez a kicsiny tömegű égitest nyilván nem tudta volna légkörében megőrizni a metángázt, ha felülete valamikor izzó állapotban lett volna.

Smidt elméletének egyik fontos következménye, hogy a bolygóknak kezdetben igen alacsony hőmérsékletűeknek kellett lenniök, és csak később melegedtek fel, a bennük lévő rádioaktív elemek bomlása következtében, ami hőtermeléssel jár. Közvetlenül a rádioaktivitás felfedezése után nyilvánvalóvá vált, hogy a Föld hőmérséklete még abban az esetben sem csökkenhet, ha már kezdetben is forró volt, mert a rádioaktív bomlás felszabaduló energia-mennyisége többszörösen felülmúlja a sugárzás következtében beálló veszteséget. A hőmérséklet csökkenése csak néhány milliárd év múlva fog megkezdődni, a rádioaktív készletek kimerülése folytán. Ebből következik, hogy a hegységek nem a földkéreg lehűlésével

bekövetkezett zsugorodás miatt jöttek létre, hanem a felmelegedésben, valamint a Föld anyagának fokozatos differenciálódásában kell keresnünk az orogenezishez szükséges energiák forrásait.

A rádioaktív anyagok a földkéreg kőzeteiben nem nagy mélységben helyezkednek el. Az általuk termelt hő egy része, vezetés és sugárzás folytán a Föld belső részeibe jutva, ott erős felmelegedést idéz elő, ami a Föld felületén a kisugárzás folytán nem következik be. A Föld anyagának hőmérséklete azonban mind a felület közelében, mind a mélyebb rétegekben emelkedőben van. A Föld belsejében eredetileg a különböző sűrűségű anyagok egymással össze voltak keveredve, amint azonban a fokozatos hőmérséklet — emelkedés során a hőmérséklet néhányezer fokra emelkedett, az anyag plasztikussá vált, és a sűrűbb részecskék fokozatosan a középpont felé kezdtek süllyedni. Ez a folyamat a nagy belső súrlódás és nyomás miatt csak igen lassan halad előre és jelenleg is tart. E. N. Ljusztyih számításai mutatják, hogy e gravitációs differenciálódás (a nehézségi vonzás okozta elkülönülés) következtében ugyanakkora nagyságrendű energia szabadul fel, mint a rádióaktív bomlásból. A differenciálódási folyamat lehetőséget nyújt a mélyfókuszú földrengések magyarázatára is. A mondottakból látható, hogy Smidt kozmogóniai elmélete igen szoros vonatkozásban áll a geológia, geofizika, geokémia, szeizmológia stb. aktuális kérdéseivel. Smidt elmélete alapján megmagyarázható a bolygók távolságainak aránya is a Naptól. Ezeket az arányokat az határozza meg, hogy a Nap által magával ragadott raj részecskéi milyen elosztást mutatnak a tömegegységre eső impulzusnyomaték szempontjából. Egy plauzibilis eloszlási törvényszerűség feltételezése mellett Smidt azt a szabályt vezeti le, hogy az egyes bolygók pályáinak sugaraiból vont négyzetgyökök számtani haladványt alkotnak, ami még pontosabban adja vissza a bolygók tényleges távolságainak arányait, mint a Titius—Bode-féle szabály.

Smidt elméletének legsarkalatosabb kérdése az, hogy miként jött létre ez a Nap körül keringő meteoritraj, amelyből szerinte a bolygók kialakultak. Feltételezi, hogy a bolygók anyagát a Nap a galaktikai ködökből (por- és gázfelhők) ragadta magával. Mint már említettük, ennek az álláspontnak óriási előnye abban áll, hogy mentes az impulzusnyomatékkal kapcsolatos nehézségektől, melyek miatt a klasszikus kozmogóniai elméleteket fel kellett adni. Kérdés azonban, hogy az ilyen magávalragadás lehetséges-e? A Tejútrendszer szerkezetére vonatkozó újabb vizsgálatokból tudjuk, hogy a magávalragadási folyamatokhoz a Tejútrendszer por- és gázfelhőiben bőséges anyagkészlet áll rendelkezésre; másrészt Smidt 1947-ben egy általa kiszámított példával kimutatta, hogy három test összetalálkozása alkalmával bekövetkezhetik a kaptáció (vagyis az a folyamat, melynek eredményeképpen eredetileg három különálló test közül kettő együtt marad és egy összetartozó rendszert képez). Továbbá 1948-ban F. G. Hilmi kimutatta, hogy három test összetalálkozása alkal-

mával a kaptáció zérusnál nagyobb valószínűséggel következik be, Smidt és Hilmi dolgozatainak megjelenéséig általában elterjedt volt az a téves nézet, hogy egy égitestnek (melyen akár egy meteorrészecskét is érthetünk) egy másik égitest általi magávalragadása még abban az esetben sem lehetséges, ha egy harmadik test is van a közelben. Azzal a ténnyel, hogy magávalragadás egy harmadik test jelenléte nélkül nem lehetséges, már fentebb megismerkedtünk See feltevésével kapcsolatban.) Smidt első kozmogóniai tárgyu dolgozataiban csupán feltételezte a magával'ragadás lehetőségét, anélkül, hogy ez akkor bebizonyítást nyert volna. Egyébként a tisztán mechanikai kaptációs folyamatokon kívül — melyekben csak a gravitációs vonzás játszik szerepet — a magávalragadás egyéb formái is lehetségeseknek bizonyultak. Így pl. V. V. Radzijevszkij kimutatta, hogy ha a fénynyomást is figyelembe vesszük, akkor a kaptáció lehetőségéhez nem szükséges feltételezni egy harmadik test jelenlétét. T. A. Agekjan vizsgálatai szerint pedig egy csillagnak egy meteoritfelhőn való áthaladása alkalmával a részecskék kaptációját az is előidézheti, hogy összeütközéseik alkalmával mozgási energiájuk egy része hővé alakul át.

Weizsäcker elmélete

1943-ban megjelent dolgozatában Weizsäcker feltételezte, hogy a Nap körül valamikor egy hideg gázfelhő keringett, melynek anyaga nagy belső surlódással rendelkezett. Ez utóbbinak kettős szerepe van a felhő fejlődésében: egyrészt kiegyenlíteni törekszik a felhő részei között fennálló sebességkülönbségeket, minek következtében a felhőben az a tendencia érvényesül, hogy részei közel egy síkba eső koncentrikus körpályákon keringjenek a Nap körül; másrészt tekintettel arra, hogy a különböző sugarú Kepler-féle körpályákhoz különböző sebességek tartoznak, ugyancsak a belső surlódás folytán ez a rendezett mozgás nem maradhatott fenn, mert a surlódás az egész felhőnek merev test módjára való forgását igyekszik előidézni. Ezért a belső rétegek a Kepler-féle sebességnél lassabban, a külsők pedig gyorsabban kezdtek mozogni. Így a külső részek kijebb tolódtak, a belsők pedig közelebb kerültek a Naphoz. Ezzel egyidejűleg turbulens áramlások indultak meg a felhőben, melyek részben kifelé, részben befelé folytak. Weizsäcker kimutatta, hogyha ezek az áramlások elsősorban a gravitáció hatása alatt mennek végbe, amely mellett a gáznyomás, valamint a molekuláris és a turbulens belső surlódások elhanyagolhatók. Ha egy forgó koordináta rendszerre vonatkoztatjuk a vékony gázfelhő mozgását, ez utóbbi örvényalakú áramlásoknak egy rendszeréből áll.

Az örvények koncentrikus gyürűkben helyezkednek el egymás mellett és alakjuk, tehát az egyes gyürűk vastagsága is a turbulencia elméletéből levezethető. Az egyes örvények által elfoglalt tartományok

közti hézagokban felgyülemlik az anyag, így alakulnak ki Weizsäcker szerint a bolygók és holdjaik a Naptól olyan távolságokban, melyeknek arányai az örvények alakja által megvannak határozva. Az egymáshoz hasonló örvényeknek ez a konfigurációja azonnal mutatja, hogy e távolságok geometriai haladványt képeznek, ami egy additív tagtól eltekintve összhangban van a bolygók távolságait megadó empirikus Titius—Bode-féle szabállyal. A bolygók megegyező irányú forgásáról is beszámol az elmélet.

Weizsäcker tehát végeredményben Kant meteorit-elméletéhez vezet vissza. A bolygók meteoritokból jöttek létre. Ahol gyakori volt a meteoritok összetorlódása, nagyobb kiterjedésű bolygó alakult ki.

Weizsäcker elméletét, mely eredeti alakjában csak a bolygórendszer keletkezésére vonatkozott, később (1948, 1951) egy általános kozmogóniává igyekezett kiterjeszteni, mely a csillagok és a gallaktikák keletkezését és fejlődését is felöleli. A csillagok keletkezésére vonatkozólag átveszi a Spitzer—Whipple féle elgondolást, mely szerint a csillagok kialakulása az intersztelláris porból úgy képzelhető el, hogy a sűrűségi fluktuációk folytán időnként az intersztelláris diffuz anyagban olyan nagy kondenzációs gócok állhatnak elő, hogy ezek már átlátszatlanok. Ebben az esetben a fénynyomás, mely kivülről minden oldalról hat egy ilyen kondenzációra, belülről azonban nem, a gravitációhoz hasonló összetartó erőként működik és előmozdítja a góc további gyarapodását. Ez az elgondolás, bár kissé primitív, mégis eléggé elfogadhatónak tűnik és sokáig ez volt az egyetlen mechanizmus, melynek a csillagok kialakulási folyamatának megindulását tulajdonítani lehetett.

Legújabban azonban a csillagok kialakulásának folyamatára egy sokkal meggyőzőbb elmélettel is rendelkezünk, melyet Ambarcumján régebbi (1938) vizsgálatainak továbbfejlesztése által Gurevics és Levin illetve Gurevics és Lebegyinszkij adtak meg (1950). Ennek alapeszméje abban állt, hogy egy izolált gravitációs rendszerből (pl. egy galaktikából, egy csillaghalmazból, vagy egy porfelhőből) egyes részecskék állandóan kirepülnek vagyis a rendszer szóródik. A szóródás következtében azonban a megmaradt rész állandóan zsugorodik, a dezintegrálódás és a zsugorodás egyre gyorsul. Eszerint egy eredetileg laza porfelhő miközben anyaga javarészét elveszti annyira összesűrűsödhetik, hogy a megmaradt anyagból egy csillag alakulhat ki, vagy pedig egy csillag kifejlődésének csírájává válhatik, ha valamely intersztelláris felhő anyagának egy részét megkötve tovább gyarapodik.

Az égitestek ezen növekedési folyamatát Hoyle, Lyttleton és Bondi tették vizsgálat tárgyává. Ki lehet mutatni, hogy a gyarapodási folyamat annál intenzívebb, minél kisebb az égitest sebessége az intersztelláris anyaghoz viszonyítva. Ennek a gyarapodási folyamatnak azonban határt szab a korpuszkuláris sugárzás; ez utóbbi a tömeg egy bizonyos elért értékénél túlsúlyban kerül a gyarapodással szemben, melyet a megnövekedett fény- és hősugárzás is akadályoz.

Elméletének egyik változatában Weizsäcker a galaktikák jelenlegi, a táguló világmindenség modelljének megfelelő állapotát egy magerő által előidézett robbanásos folyamatnak tulajdonította, mely ebben az előbb említett állapotban következett be. Később azonban már nem beszél arról, hogy a galaktikák távolodási sebességeit milyen okok idézték elő.

A Föld—Hold-rendszer kialakulására vonatkozó dagályevolúció elmélet

A Földből és a Holdból álló rendszer fejlődése különleges tárgyalást igényel. Míg a többi bolygók holdjai, tömegeiket és méreteiket tekintve nagyjában annyiszorta kisebbek a bolygólyuknál, ahányszorta a bolygó kisebb a Napnál, addig a Hold átmérője mindössze négyszer, tömege mindössze 82-szer kisebb a Földénél, átlagos sűrűsége pedig kétszerte kisebb a Föld átlagos sűrűségénél. Ezek az adatok, valamint az a körülmény, hogy a holdakkal rendelkező bolygók közül a Föld van legközelebb a Naphoz, valószínűvé teszik, hogy a Föld—Hold-rendszer fejlődése másképpen ment végbe, mint a többi bolygók és holdjaik fejlődése. Ebben a rendszerben ugyanis — mint az George Darwin (Charles Darwin fia) kimutatta — lényeges szerepet játszott a dagályjelenségekkel kapcsolatos súrlódás. Az úgynevezett dagály-evolúció Darwin által megalkotott elmélete — melyet a következőkben meg fogunk ismerni — feltételezi, hogy mind a Föld, mind a Hold valamikor teljesen folyékony halmazállapotban volt és ennek következtében a dagálysúrlódás lényegesen nagyobb szerepet játszott, mint jelenleg.

Azok az erők, amelyek az óceánokban jelenleg is előidézik a dagályt és az apályt, és amelyek lényege abban áll, hogy a Hold a Föld különböző pontjaiban, különböző gyorsulásokat idéz elő, abban az időben is működtek. Éppúgy, mint jelenleg, a folyékony Föld részecskéi a Földnek a Holdhoz legközelebbi, valamint a tőle legtávolabbi pontjában gyűltek össze. Ennek következtében a Föld, melynek alakja a tengelykörüli forgás következtében eredetileg kissé lapult forgási ellipszoid lett volna, a dagályjelenség következtében a Hold felé mutató irányban megnyúlt és így alakja közelítőleg háromtengelyű ellipszoid volt, melynek legnagyobb tengelye a Hold középpontja felé irányult. Ha a Föld tengelykörüli forgásának és a Hold földkörüli keringésének periódusai megegyeztek volna egymással, akkor mind a két folyadéktömeg mozgása merev test módjára mehetett volna végbe, vagyis úgy, hogy részecskéik egymáshoz képest nem mozdulnak el. Azonban a Föld forgásának periódusa, akárcsak jelenleg, rövidebb volt a Hold keringésének periódusánál. Ennek következtében a folyékony Föld részecskéinek egymáshoz képest állandóan el kellett mozdulniok, azonban úgy, hogy a Föld állandóan megtartotta ellipszoidális alakját, és legnagyobb tengelye mindig a Hold

felé irányult. Ez azonban csak akkor lehetett volna így, ha a Föld anyaga ideális folyadék lett volna, vagyis ha feltesszük, hogy részecskéi tökéletesen könnyen, minden súrlódás nélkül mozdulhattak el egymás mellett. Ezt azonban semmiképpen sem tehetjük fel, mivel a Föld anyagának folyékony halmazállapotban is jelentékeny belső súrlódással kellett rendelkeznie. Ezért kellett, hogy a Föld forgása a külső, felületmenti rétegeket magával ragadja a forgás irányában, úgyhogy az ellipszoid legnagyobb tengelye nem mutathatott pontosan a Hold középpontja felé, hanem kissé megelőzte azt a forgás irányában, ugyanakkor pedig a folyékony Föld belső részei a Hold keringési periódusánál rövidebb periódussal forogtak.

Ebből mindenekelőtt az következik, hogy a Föld különböző periódussal forgó rétegei között fellépő súrlódás következtében a Föld forgásának egyre lassúbbá kellett válnia, vagyis a nap hossza állandóan növekedett; továbbá a Hold és Föld közötti távolságnak is meg kellett növekednie.

A Hold távolodása a Földtől szintén impulzusnyomaték megmaradásának törvényéből következik. Mivel a Föld tengelykörüli forgásának sebessége csökken, azért impulzusnyomatéka is csökken; mivel azonban a Föld—Hold-rendszer együttes impulzusnyomatékának állandónak kell maradnia, azért kellett, hogy a Hold impulzusnyomatéka megnövekedjék, ami azáltal következett be, hogy a Földhöz viszonyított pályájának sugara megnövekedett; ugyanis egy közelítőleg körpályán végbemenő keringésnek megfelelő impulzusnyomaték a körpálya sugarának négyzetgyökével arányos. A Hold pályájának sugara tehát állandóan növekedett, de akkor Kepler harmadik törvénye szerint a keringési időnek, vagyis a hónap hosszának is növekednie kellett. A nap és a hónap hosszának növekedése jelenleg is tart, bár rendkívül kicsiny értékű; hosszú évmilliók folyamán azonban mindkét periódus értéke igen jelentékeny változáson ment keresztül, és erősen megváltozott a Föld és Hold közötti távolság értéke is.

A most leírt folyamat pontos matematikai vizsgálata alapján G. Darwin arra a következtetésre jutott, hogy valamikor a Föld és a Hold egyetlen összetartozó tömeget alkotott, melynek forgási periódusa három-négy óra volt. E forgó tömeg kettéválását ugyanúgy képzelhetjük el magunknak, mint ahogyan Feszenkov rotációs elméletével kapcsolatban leírtuk; az egyre gyorsuló forgáson kívül azonban ebben az esetben még Darwin szerint, a Naptól származó árapályerők is szerepet játszhattak. A kettéválás körülbelül akkor következett be, mikor a forgás periódusa $1^1/_2$—2 óra volt; a körtealak nyúlványából — mely a külső, kevésbbé sűrű anyagokból állott. — keletkezett a Hold, a fennmaradó nagyobbik, nagyobb fajsúlyú anyagokat is tartalmazó részből pedig a Föld. Darwin szerint ez kb. négymilliárd évvel ezelőtt ment végbe.

Közvetlenül a kettéválás után a Föld és a Hold majdnem érintkeztek egymással; köztük a távolság kb. 15 000 km volt. Mindkét égitest

hatalmas dagálydudorokat létesített a másikon. Mindketten 2—3 óra alatt végezték tengelykörüli forgásukat, és ugyanezen idő alatt kerülte meg a Hold a Földet, úgyhogy a «hónap» egyenlő volt a «nap»-pal. Ennek következtében a dagálydudorok a két égitest állandóan ugyanazon oldalát fordították a másik felé, tehát a dagálydudorok felületükön nem mozdultak el, és így nem volt dagálysúrlódás (ha eltekintünk a Nap által előidézett viszonylag gyenge árapályjelenségektől).

Azonban a Föld kihűlése következtében bekövetkező összehúzódása maga után vonta, hogy forgási sebessége csökkent, minek következtében idővel a «hónap» jelentékenyen hosszabb lett a «nap»-nál. A dagálypúpok most már végigvonultak a Föld felületén és fellépett a Föld forgási sebességét képező dagálysúrlódás, mely akkor sokkal erősebb volt mint jelenleg, tekintve, hogy a Hold akkor sokkal közelebb volt a Földhöz. Ennek hatása következtében a Föld forgása lassubbodni, forgási impulzusnyomatéka pedig csökkenni kezdett, tehát az impulzusnyomaték megmaradása következtében a Hold eltávolodott a Földtől és Kepler harmadik törvénye értelmében a hónap tartama is állandóan hosszabbodott.

A dagály-evolúció kezdete óta eltelt 3—4 milliárd év folyamán a nap tartama kb. 8—12-szeresére növekedett és 24 óra lett, a hónap tartama azonban sokkal nagyobb mértékben hosszabbodott meg, és 27,3 nap lett belőle. A hónap hossza tehát sokkal gyorsabban növekedett, mint a napé. Darwin számításai szerint azonban a jövőben a nap tartama fog gyorsabban növekedni, mint a hónapé. Néhány milliárd év múlva (ha a földi óceánok addig megmaradnak) a hónap és a nap tartama megint egyenlő lesz egymással, és kb. 50—60 jelenlegi nappal lesz egyenlő. Akkor a Föld is megint állandóan ugyanazt az oldalát fogja a Hold felé fordítani, úgy, mint ahogy a Hold már jelenleg is állandóan ugyanazt az oldalát fordítja a Föld felé. Ez az egyensúlyi állapot igen hosszú ideig fog fennállni, azonban a Naptól származó dagálysúrlódás következtében végül is a Föld forgásának periódusa tovább fog csökkenni és kisebb lesz, mint a Hold keringésének periódusa. Ekkor az előbbi folyamat megfordítottja fog megindulni: a Hold által előidézett dagálysúrlódás a Föld forgási sebességét és impulzusnyomatékát megnövelni igyekszik majd, aminek következtében a Hold pályájának impulzusnyomatéka és pályájának sugara csökkenni fog. Újabb hosszú évmilliárdok után a Hold megint a Föld közelébe fog jutni, s amikor már nagyon közel lesz hozzá, akkor a Föld által előidézett árapályerők hatására szét fog törni kis részekre.

A galaktikák fejlődése

Az eddig ismertetett kozmogóniai elméletek részben a Naprendszer, részben a csillagok viszonylag kevéssé népes rendszerei (kettős csillagok, Ambarcumján-féle csillagtársulások stb.) kialakulásának kérdéseivel foglalkoztak. Most áttérünk a jelen század huszas éveiben Jeans által felállított azon elmélet megbeszélésére, mely a tejútrendszerek (galaktikák)

és az azokat alkotó csillagok keletkezését egységes folyamat eredményeképpen magyarázza. Ehhez azonban előre kell bocsátanunk a galaktikák Hubble-féle osztályozását.

Mint tudjuk, a galaktikák az óriási távolság miatt a távcsőben ködök alakjában mutatkoznak; a mi Tejútrendszerünkön belül lévő gázködöktől megkülönböztetendő ezeket a ködöket extragalaktikai (galaktikán kívüli) ködöknek nevezzük. Alakjukat tekintve ezek a ködök háromfélék.

1. Az úgynevezett elliptikus ködök többé-kevésbbé lapult ellipszis alakúak; bizonyosra vehető, hogy ezek nem síkbeli képződmények, hanem a térben egy többé-kevésbbé lapult ellipszoid alakú tartományt foglalnak el. Lapultságuk mértéke szerint az elliptikus ködöket nyolc alosztályba soroljuk, s ezeket az E0, E1, E2, ..., E7 betűkkel jelöljük.

2. A spirális ködök lapultsága nagyobb még az E7 osztályhoz tartozó elliptikus ködöknél is; szerkezetüket az jellemzi, hogy a középen egy fényes részt különböztethetünk meg, amely a távcsőben kör- vagy ellipszis alakúnak látszik, és amely a valóságban erősen lapult ellipszoid. Ezt a részt a köd magjának nevezzük. Ebből a magból, egy átmérőjének két végpontjából köréje tekeredő spirális karok indulnak ki. Ez utóbbiak fejlettségének foka, valamint a mag és a spirálkarok méreteinek aránya szerint ezeket a ködöket három osztályba soroljuk, melyeket Sa, Sb, Sc-vel jelölünk. Az elliptikus ködökhöz leginkább hasonló spirálködök osztályát jelöljük Sa-val.

3. Az úgynevezett szabálytalan ködök mindössze 3%-át teszik ki az összes extragalaktikai ködöknek; ezeket az jellemzi, hogy a középponti sűrűsödésre (magra) vonatkozólag nem szimmetrikusak. Ezeket a ködöket I betűvel jelöljük.

Jeans és Hubble feltételezték, hogy a ködöknek ezek a különféle szerkezetű formái egy fejlődési folyamat különböző fázisainak felelnek meg, mely az E0 ködöktől az Sc ködökön át az I ködökhöz vezet. Jeans ezenfelül feltételezte, hogy az E0 ködök, a maguk részéről a teret egyenletes sűrűséggel betöltő valamilyen «ősanyagból» alakultak ki, amely az ő elképzelése szerint gázmolekulákból és szilárd porszemekből állott.

Jeans kimutatta, hogy ennek az ősközegnek az eredetileg meglévő egyensúlyi állapota még akkor sem lehetett stabilis, ha sűrűsége és hőmérséklete mindenütt ugyanazzal az értékkel rendelkezett. Ennek következtében bármilyen kis zavaró hatás kiválthatta egyes helyeken az anyag összesűrűsödéseit. Kimutatta továbbá, hogy az így keletkezett sűrűsödések csak akkor lehettek stabilisak (tehát csak akkor maradhattak meg tartósan), ha az összesűrűsödött anyag tömege bizonyos határok közé esett, amelyek az «ősközeg» sűrűsége és hőmérséklete által voltak megszabva. Az ősanyag sűrűségét a 10^{80} g/cm^3 értéknek vette. Ekkora sűrűség akkor adódik, ha a csillagokban foglalt anyagot a térben egyenletes sűrűséggel eloszolva

képzeljük el. Ezen érték alapul vétele mellett Jeans azt találta, hogy a keletkezett kondenzációk csak akkor lehettek stabilisak, ha tömegük olyan nagyságrendű volt, amekkora tömeget foglalnak magukban általában a galaktikák (pl. a mi Tejútrendszerünk vagy az Andromeda-köd; ez a tömeg kb. 10^{43} g). Ennél sokkal kisebb vagy sokkal nagyobb kondenzációk nem lehettek stabilisak és ezért nem is jöhettek létre. Így alakultak tehát ki Jeans szerint a galaktikák, melyek a mondottak értelmében eredetileg nem tartalmazhattak csillagokat, hanem diffúz anyagból (gáz és por) álltak. Az így keletkezett óriási méretű és tömegű diffúz ködök részecskéi sebességeinek iránya között bizonyos irányok túlsúlyban lehettek a többiekkel szemben, ami a köd forgását vonta maga után. A forgás sebessége a köd összehúzódása következtében annyira megnövekedhetett, hogy a köd erősen lapult lencsealakot öltött; ha egy ilyen forgó köd anyagának jelentékeny része a központi részben volt koncentrálva, akkor az egyenlítő mentén megindulhatott az anyag kiáramlása, úgy, mint ahogy ezt Laplace elméletével kapcsolatban láttuk. Végül Jeans kiszámította, hogy a kiáramló gáz és por sűrűsége olyan nagy volt, hogy bekövetkezhetett ennek az anyagnak akkora egységekbe való összesűrűsödése, melyeknek tömegei a csillagok tömegével egyenlő nagyságrendűek. A kiáramlott anyag, külső gravitációs erők hatására spirális karokat képezett, amely csillagokból, valamint a gáz és por maradékaiból állt. Ennek az elméletnek az álláspontjáról nézve tehát a csillagok csak a spirális ködök spirális ágaiban jöhettek létre; a spirális ködök magjainak, valamint a spirális karokkal egyáltalán nem rendelkező elliptikus ködöknek tehát teljes egészükben diffúz természetűeknek kell lenniük, és nem tartalmazhatnak csillagokat.

A húszas években az elméletnek ezt a következményét a megfigyelési adatok némileg igazolni látszottak. Hubblenek sikerült néhány spirális köd spirális karjaiban csillagok jelenlétét kimutatni, míg ugyanezen ködök magjait nem sikerült csillagokká feloldani. 1944-ben azonban Baade kimutatta néhány közeli elliptikus ködben és az Andromeda-köd magjában csillagok jelenlétét és ma már bizonyosan tudjuk, hogy az összes eddig megvizsgált elliptikus ködök, valamint a spirális ködök magjai alapjában véve csillagokból állanak. Továbbá J. I. Jefremov vizsgálataiból tudjuk, hogy az összes extragalaktikai ködöknek a spirális ködök csak igen kis részét teszik ki. (A kétféle ködök gyakorisága úgy aránylik egymáshoz, mint 1 : 100.) Látszólag ugyan a spirális szerkezetű ködök előfordulása a leggyakoribb, ez a látszat azonban onnét származik, hogy az elliptikus ködök a spirálisokhoz képest viszonylag kismeretű és kis fényerősségű képződmények, s ezért sokkal nehezebben felfedezhetők, mint a spirális ködök. Ha ezeket a körülményeket figyelembe vesszük, nyilvánvaló, hogy a csillagok kialakulása az esetek túlnyomó részében egyáltalán nem függ össze a spirálkarok keletkezésével. Így tehát arra a belátásra jutunk, hogy Jeans elmélete kiáltó ellentmondásban áll

az extragalaktikai ködök megfigyelhető állapotával és mint ilyen nem tartható fenn.

Jeans elméletéből azt következik továbbá, hogy a galaktikák egy bizonyos ősközegből egyszerre alakultak ki. Ezzel szemben hasonló következtetésekkel, mint amelyekkel Ambarcumján kimutatta a csillagok különböző korát, bebizonyítható az is, hogy a galaktikák sem keletkezhettek valamennyien egyidejűleg. Ugyanis a galaktikák, akárcsak a csillagok, nem mind különállóan helyezkednek el a térben, hanem azt a tendenciát mutatják, hogy többen közülük összetartozó, nagyobb egységeket, halmazokat alkossanak. Ugyanazon okokból kifolyólag, mint a csillagok több tagból álló rendszereinek esetében láttuk, nem lehetséges, hogy a galaktikáknak ezek a halmazai már meglévő galaktikákból véletlen találkozás és összeállás által alakultak ki, hanem fel kell tennünk azt, hogy az egész halmaz egyidejűleg jött létre, óriási mennyiségű anyagnak egy bizonyos felhalmozódásából, melynek állapota egyelőre nem ismeretes előttünk. A statisztikus mechanika segítségével kiszámítható, hogy egy ilyen halmaz nem állhat fenn 10^{12}—10^{13} évnél lényegesen hosszabb ideig; ekkora idő folyamán a halmaz szükségképpen felbomlik és tagjai elvegyülnek a közelítőleg egyenletes eloszlást mutató többi extragalaktikai köd között. Mivel az egész halmaz egyszerre keletkezett, azért tagjai sem lehetnek idősebbek, mint az egész halmaz, tehát ezek szerint vannak olyan galaktikák, amelyeknek kora legfeljebb 10^{12}—10^{13} év; másrészt ugyancsak a statisztikus mechanika módszereivel kiszámítható egy átlagos galaktika felezési ideje, vagyis annak az időköznek a hossza, melynek folyamán a galaktika csillagainak száma, a csillagoknak a galaktikából időnként megismétlődő kirepülése következtében eredeti értékének felére csökken. Ez az idő 10^{14} év nagyságrendű; előbbi eredményünkkel egybevetve innen az következik, hogy a galaktikák, akár a csillagok is, nem egyenlő korúak, de akkor minden okunk megvan annak feltételezésére, hogy galaktikák jelenleg is keletkeznek.

Ebben az összefüggésben ki kell térnünk a következő fontos kérdés tárgyalására. A galaktikák színképeiben bizonyos jól identifikálható színképvonalak a színkép vörös vége felé erősen eltolódva jelentkeznek. A színképvonalak eltolódásának legegyszerűbb magyarázata kétségkívül abban áll, hogy ezt a fényforrás távolodásának tulajdonítjuk az észlelőtől (Doppler-effektus). Ha ezt a jelenséget így értelmezzük, akkor nagy számú galaktika vizsgálata alapján azt a tapasztalati törvényszerűséget állapíthatjuk meg, hogy az egyes galaktikák távolodási sebessége arányos a távolsággal. (Galaktikák távolságát a bennük rendszerint fellelhető δ Cephei típusú változó csillagok segítségével határozhatjuk meg. Ezeknek abszolút fényessége és periódusa között pontos összefüggés áll fenn, tehát, ha meghatározzuk a fényváltozás periódusát, ennek alapján az abszolút fényesség kiszámítható, és ha most még a látszólagos fényességet is megmérjük, akkor e két utóbbi adatból a távolságot kiszámíthatjuk.)

Feltételezve mármost, hogy a galaktikák ezen távolságaikkal arányos távolodási sebességei a multban, az idő folyamán változatlanok voltak, több nyugati csillagász arra következtetett, hogy volt egy idő, amikor a világmindenség egész anyagának (az összes galaktikáknak) egy nagyon szűk tartományon belül kellett összpontosítva lennie. Ezt az elképzelést a reakciós filozófia hívei örömmel üdvözölték, mert innen már csak egy lépés vezet a Lemaître által feltételezett «ősatom»-hoz, melyből az egész világmindenség, a galaktikák összesége — állítólag egy természetfeletti külső behatás, teremtő aktus révén — egyidejűleg jött létre.

A szűk helyen összesűrített galaktikákra vonatkozó következtetés jogosultságával szemben azonban az ellenvetések egész sora hozható fel.

1. A galaktikák távolodása egymástól nem szükségképpen reális, mert a színképeikben megfigyelt színképvonal-eltolódásokból csak abban az esetben lehet távolodásra következtetni, ha azok tényleg Doppler-effektustól, vagyis a fényforrásnak hozzánk viszonyított sebességétől származnak. A színképvonal-eltolódás azonban más okok következménye is lehet; így pl. a gravitációs tér jelenléte, vagy pedig fényelnyelési (abszorpciós) folyamatok következtében is felléphet.

2. Ha a galaktikák távolodását reálisnak tekintjük is, semmi sem garantálja, hogy ezt a világmindenség eddig általunk áttekintett részében észlelt jelenséget a világmindenség egész terére általánosíthatjuk; a világmindenség ú. n. «tágulásának» ténye semmiképpen sincs bebizonyítva, mert nagyon könnyen lehetséges, hogy a galaktikák távolodása a mi Tejútrendszerünktől és egymástól, csak egy «helyi» jelenség, mely ugyan fennáll a mi Tejútrendszerünk köré írt kb. egymilliárd fényévnyi sugarú gömbön belül (ekkora távolságra láthatunk el jelenlegi műszereinkkel), azonban ennek a tartománynak a határain túl esetleg éppen a galaktikák egymáshoz közeledése lesz majd megfigyelhető, ha egyszer a térnek ez a része is hozzáférhetővé válik műszereink számára.

3. Azonban, ha még ezt a világegyetem tágulását kifejező általánosítást is elfogadjuk, akkor sem lehet a dinamika törvényei alapján egyértelműen arra következtetni, hogy az egész világmindenség anyaga valaha is a fentemlített összesűrített állapotban lett volna, mert erre az eredményre a dinamika egyenleteinek csupán egy különleges megoldása vezet; ugyanakkor vannak például olyan megoldások is, melyeknek az felel meg, hogy a galaktikák váltakozva egy ideig közelednek, majd megint távolodnak egymástól.

A ködök halmazaival kapcsolatban még arra a nevezetes körülményre kell rámutatnunk, hogy egyazon halmaz tagjai között a legkülönbözőbb típusokhoz (pl. E0 és Sc) tartozó ködök találhatók. Mivel — amint tudjuk — a halmaz tagjai egyszerre keletkeztek, ez a körülmény szintén ellentmond a Jeans-féle elméletnek. Ez utóbbinak alapján ugyanis teljesen érthetetlen volna, hogy az egyszerre keletkezett ködök közül egyesek

a fejlődés során eljutottak egészen az Sc típushoz, míg a többiek a fejlődés kezdeti állapotában maradtak. A ködök szerkezetében mutatkozó sokféle eltérés okát tehát nem annyira az egyes ködök különböző korában kell keresnünk, mint inkább az egyes ködök kialakulása és további fejlődése során fennálló feltételek különbözőségében. Feltehető, hogy az egyes ködök tömegei keletkezésükkor különbözőek voltak és a további fejlődés folyamán különböző kölcsönhatásokban állottak a környező közeggel. Ezen az alapon megmagyarázhatók egy halmaz tagjai között mutatkozó nagy különbségek.

Baade abban a dolgozatában (1944), amelyben bebizonyította, hogy az Andromeda- és a Háromszög-köd magjai csillagokból állanak, azt is kimutatta, hogy a Tejútrendszert alkotó csillagok kétféle típusba sorolhatók. Ezeket a típusokat Baade populációknak nevezte. A kétféle típushoz tartozó csillagok fizikai sajátságaikban is különböznek egymástól, amit elárul az a körülmény, hogyha a két populáció csillagaira nézve különkülön készítjük el a tömeg-fényességdiagrammot (melyről Feszenkov elméletének tárgyalásánál is szó volt), akkor azt tapasztaljuk, hogy a két diagramm egymástól teljesen eltérő képet nyújt. A kétféle populáció csillagai azonban térbeli elhelyezkedésük és mozgásaik szempontjából is lényegesen eltérnek egymástól. Az I. populáció csillagai a Tejútrendszer ekvátorsíkja mentén, annak külső részeiben, tehát a spirálkarokban helyezkednek el. A II. populáció csillagai ezzel szemben a Tejútrendszer központi részeit (annak magját), valamint az ekvátorsíktól távoleső részeit népesítik be. A II. populációhoz tartozó csillagok sokkal lassabban végzik keringésüket a Tejútrendszer középpontja körül, mint az I. populáció csillagai. Ugyanez vonatkozik a Tejútrendszerünkhöz hasonló többi spirális ködökre is. A spirálkarokkal nem rendelkező elliptikus ködök egész állománya pedig a II. populációhoz tartozik.

B. V. Kukarkin moszkvai professzor 1942 óta, a változó csillagokra vonatkozó vizsgálatai alapján hasonló eredményre jutott. Megállapította, hogy a különböző típusú (különböző periódusú) változó csillagok térbeli elhelyezkedései a galaktikán belül egymástól teljesen eltérő vonásokat mutatnak, ami arra utal, hogy ezek a különböző típusú csillagok a Galaktikán belül mind megannyi alrendszert alkotnak. Ezen alrendszerek között vannak olyanok, melyeket Kukarkin sík alrendszernek nevez; ezekre az jellemző, hogy a hozzájuk tartozó csillagok a Galaktika ekvátorsíkjának külső részei felé erős koncentrációt mutatnak, sűrűségük azonban a Galaktika középpontjának irányában erősen csökken. Vannak továbbá olyan alrendszerek, melyekhez tartozó csillagok a Galaktika központi részei felé koncentrálódnak, sűrűségük azonban az ekvátorsíkra merőleges irányba haladva nem csak olyan gyorsan, mint a sík alrendszerek esetében. Ezeket Kukarkin szférikus alrendszereknek nevezi. A sík alrendszerek a Baade-féle I., a szférikus alrendszerek pedig a Baade-féle II. populációval azonosíthatók. Kukarkin azonban hangsúlyozza, hogy a sík és szférikus

alrendszereken kívül még számos egyéb, átmeneti alrendszer is létezik, ezek a galaktikai térségben össze vannak keveredve egymással, úgy, hogy a Galaktika egy nagyon bonyolult szerkezetű csillagrendszer.

Kukarkin vizsgálataiból kitűnt, hogy a hosszú periódusú, δ-Cephei típusú változó csillagok egy sík alrendszert, a rövid periódusú változók pedig egy szférikus rendszert alkotnak. A gömbhalmazok szférikus rendszert, ezzel szemben a nyílt csillaghalmazok sík rendszert alkotnak. Meglepő, hogy a leghosszabb (néhány éves) periódusú, ú. n. Mira Ceti típusú változó csillagok egy átmeneti típusú alrendszert alkotnak.

A Kukarkin által megállapított alrendszerekkel azért foglalkoztunk ennyire részletesen, mert ezek vizsgálatából messzemenő kozmogóniai következtetések vonhatók le, amelyek azonban még nincsenek teljesen felderítve. Alapos okokkal rendelkezünk annak feltételezésére, hogy a szférikus alrendszerekhez tartozó csillagok jelentékenyen régebbi képződmények, mint a sík alrendszerekhez tartozók. Ezzel összefüggésben figyelembe kell vennünk azt a körülményt, hogy egyetlen egy elliptikus ködben, még a leglapultabb E7 típushoz tartozó ködökben sem fedeztek fel eddig az ekvátorsík mentén koncentrálódott diffúz anyagot. Ezzel szemben az összes spirális ködök bővelkednek az ekvátorsíkjuk mentén felhalmozott diffúz anyagban. Ez különösen azon ködök esetében figyelhető jól meg, melyeket élükről látunk. A spirális ködök esetében a diffúz anyag jelenlétéről, a ködök színképeiben mutatkozó azon fényes (emissziós) vonalak is tanúskodnak, amelyek a galaktikai diffúz ködök színképére jellemzők. Mint tudjuk, ahhoz, hogy egy diffúz köd színképében a fényes vonalak felléphessenek, egy gerjesztő csillag jelenlétére is szükség van; ezt a szerepet mindig egy magas hőmérsékletű, nagy fényességű csillag látja el. Megállapítható, hogy az ilyen csillagok az esetek túlnyomó részében a sík alrendszerekhez tartoznak. Ezenkívül — mint Ambarcumján vizsgálataiból tudjuk — a legfényesebb és legmagasabb hőmérsékletű csillagok, az esetek többségében fiatal, még nem teljesen megállapodott csillagok, melyeknél a színképükben mutatkozó fényes vonalak diffúz anyag kiáramlására utalnak.

Kukarkin szerint ezeket a tényeket a következőképpen lehet megmagyarázni. A galaktikák képződése alkalmával, melyeknek mechanizmusa egyelőre nem ismeretes, sok olyan túl nagy tömegű csillag is keletkezik, melyek diffúz anyagot dobnak ki magukból a környező térbe. Minél gazdagabb volt anyagban a galaktika, annál több ilyen túl nagy tömegű csillag keletkezett, amelyek nem lévén egyensúlyban, anyagot dobnak ki magukból. Eszerint a legnagyobb tömeget tartalmazó galaktikák rendelkeztek a legnagyobb számú diffúz anyagot szolgáltató csillaggal, tehát a belőlük kiáramlott diffúz anyag összes mennyisége is e galaktikák esetéb n volt a legnagyobb. Ezek a csillagok viszonylag rövid idő alatt megszabadultak tömegfeleslegüktől és közönséges, egyensúly-

ban lévő csillagok lettek. A kidobott diffúz anyag a forgó galaktikák ekvátorsíkja mentén koncentrálódott és ott gyűrűket vagy spirálkarokat alkotott. Az ezekhez szükséges nagy mennyiségű diffúz anyag azonban csak a legnagyobb tömegű galaktikák esetében állott rendelkezésre, miáltal magyarázatot kap az óriási spirális ködök viszonylagos ritkasága az elliptikus ködökkel szemben.

Felmerül ezekután a kérdés : vajjon az ekvátorsík mentén koncentrálódott diffúz anyagból nem alakulhatnak-e ki új sík alrendszerek? Vajjon nem ez a diffúz anyag az a közeg, melyből általában a sík alrendszerekhez tartozó csillagok kialakulnak? Egy ilyen folyamat mechanizmusa egyelőre nem ismeretes és lehetőségére nézve nincsenek bizonyítékaink, de ha ez valóban bekövetkezhetik, akkor érthetővé válik, hogy az összes sík alrendszerekhez tartozó csillagok térbeli eloszlásai és mozgási sajátságai miért hasonlítanak annyira a sötét ködökéhez. Ez a hasonlatosság amellett szól, hogy a sík alrendszerek csillagai és a diffúz anyag között genetikus összefüggés áll fenn. Feltehető, hogy vagy ezek a csillagok alakultak ki a sötét ködökből, vagy a sötét ködök keletkeztek a csillagok által kidobott anyagból és ebben az esetben is belőlük megint újabb csillagok keletkezhettek és keletkezhetnek jelenleg is.

Ha ez így van, akkor valóban a diffúz anyaggal kölcsönös kapcsolatban álló sík alrendszerek csillagainak általában lényegesen fiatalabbaknak kell lenniök, mint azoknak, melyek a többi alrendszerekhez tartoznak. Létezésük első korszakában e csillagok óriási gázgolyók, olyan alacsony felületi hőmérséklettel, hogy látható fényt nem is sugároznak, vagypedig vörös óriás csillagok. Ezt a feltevést alátámasztja az a megfigyelési tény, mely szerint a Tejútrendszer azon részein találunk nagy számmal fejlődésük elején álló vörös óriás csillagokat, ahol a legnagyobb mennyiségben fordul elő az intersztelláris diffúz anyag ; valamint az a körülmény is, hogy ez az anyag szintén főleg hidrogénből áll, úgy mint a csillagok.

Az előbb mondottak alapján az anyagnak egy sajátszerű körforgására jutottunk, mely a galaktikákon belül érvényesül. Ezzel kapcsolatban meg kell jegyezni, hogy ennek a körforgásnak minden egyes új ciklusa nem egyszerű ismétlése a megelőzőnek, hanem ellenkezőleg : attól bizonyos meghatározott minőségi vonásokban különbözik. Egy napjainkban keletkező fiatal csillag lényeges vonásokban fog eltérni annak a korszaknak egy fiatal csillagától, melyben Tejútrendszerünk kialakult. Az anyagnak ez a körforgása azonban feltehetően nemcsak arra szorítkozik, hogy a csillagok korpuszkuláris sugárzásuk folytán visszaadják a diffúz ködöknek annak az anyagnak egy részét, melyet keletkezésük alkalmával tőlük elvontak. Ugyanis, alapos okunk van azt gondolni, hogy fejlődésük végén, a hidrogénkészletük kimerülése folytán kialudt csillagok a belsejükben lévő anyagnak ekkor bekövetkező, a sűrűség óriási értéke által jellemzett különleges állapota következtében egy utolsó fellángolással szétrobbannak és anyagukat szétszórják a csillagok közötti térben. Ilyen

szétrobbanó csillagokat (szupernóvákat) tényleg megfigyelhetünk; időnként valamelyik galaktikában hirtelen olyan fényes csillag tűnik fel, amely néhány napon vagy héten keresztül sokmilliárd csillag fényét sugározza, majd a csillag megint láthatatlanná válik, és helye körül az űrben szétszórt anyag lesz láthatóvá, mely a csillag helyétől nagy sebességgel távolodik. Ennél a folyamatnál lehetséges a csillagok sugárzása közben elhasznált hidrogén újraképződése, sőt rádióaktív elemek is keletkezhetnek. Láthatjuk tehát, hogy a csillagok keletkezésében, fejlődésében és megszűnésében az előbb említett körfolyamat érvényesül; a csillagok közti anyagból csillagok alakulnak, a csillagok pedig fejlődésük végén szétszórják anyagukat a csillagok közti térbe. Ez a körfolyamat azonban nem abban áll, hogy bizonyos idő mulva minden elölről kezdődik és pontosan ismétlődik. A kör folyamata a fejlődést is tartalmazza, mert részleteiben mindig új és új állapotokat idéz elő. Ebben az értelemben írja Engels «A természet dialektikája» bevezető tanulmányában a következőket:

«Az anyag örök körforgásban mozog. Ez a körforgás pályáját olyan időközökben fejezi be, melyek mérésére a mi földi évünk már nem alkalmas. Ebben a körforgásban a legmagasabb fejlődés a szerves élet ideje és még inkább az életé magáé és a természet tudatára ébredt lényeké ugyanolyan szűkösen van kimérve, mint a tér, amelyben az élet és az öntudat érvényre jut. Ebben a körforgásban az anyag minden véges létformája, akár nap- vagy ködfolt, akár egyes állat vagy állatfaj, vegyi kapcsolat vagy szétválás, egyaránt mulandó és semmi sem örök benne, csak az örökké változó, örökké mozgó anyag és a törvények, melyek szerint mozog és változik.»*

Földes István

* Engels: A természet dialektikája. Szikra 1950. 25. old.

A SZOVJET CSILLAGÁSZAT NÉHÁNY ÚJABB EREDMÉNYE

Bevezetés

A szovjet csillagászati kutatások lendülete az utóbbi időkben egyre fokozódott. Ennek az oka egyrészt az, hogy a Nagy Honvédő Háborúban elpusztított obszervatóriumaikat már majdnem teljesen rendbehozták és munkába állították, másrészt az, hogy új, igen jól felszerelt csillagvizsgáló intézeteket is állítottak fel. Az elméleti és gyakorlati kutatás minden ágában szinte napról-napra újabb és egyre nagyobb horderejű felfedezések születnek. Mivel az összes felfedezés ismertetése igen szerteágazó lenne és mozaikszerűvé tenné a beszámolót, csak a legfontosabb kutatásokra térünk ki. Ez azzal az előnnyel jár, hogy a fontosabb eredményekről valamivel részletesebben emlékezhetünk meg. Jelen cikkben főleg a Galaktika, a Nap-légkör és a ködök kutatása terén elért újabb eredmények kerülnek szóba.

*

I.

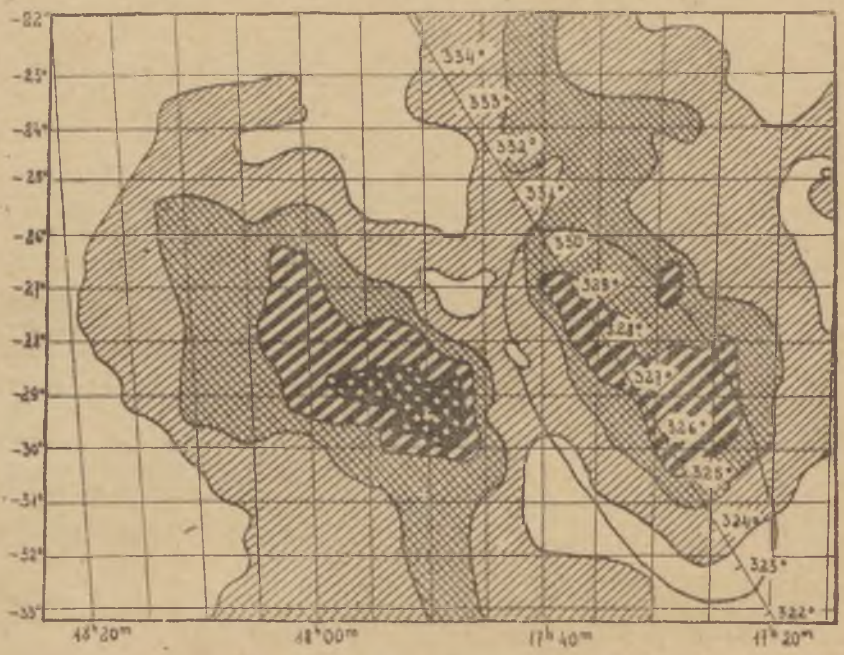
Igen érdekes eredményre jutott három szovjet tudós, A. A. Kalinyak, V. I. Kraszovszkij és V. B. Nyikonov a Galaktika centrumának kutatása közben. Megállapították, hogy a Nyilas csillagképben levő sűrűsödésen kívül, attól északnyugatra egy másik centrális sűrűsödés is van, amelynek a fényessége és a méretei nagyságrendileg egyezőnek mondhatók a már régebben ismert központi koncentrációval. Mindkét csillagfelhő szimmetrikusan helyezkedik el a Galaktika egyenlítőjéhez viszonyítva. A két sűrűsödés szinte kiegészíti egymást. Közöttük egy sötétebb fényelnyelő sáv van, amint az a 46. sz. ábrán jól látható.

A három szovjet kutató a vizsgálatok során azt is megállapította, hogy a Galaktika egyenlítőjétől délre jelentős tömegcsökkenés van, amelynek az értéke 500—1000 nagyságrendű.

A két sűrűsödés lineáris átmérője a szovjet kutatók szerint 1500 parszek. Pontos helyük a Galaktika 330°,0 hosszúságán van. A maximálisan lehetséges hiba értéke ± 0′, 4°, ami a fényképlemezen 1—2 mm-t jelent.

Nem lesz érdektelen röviden jellemezni a kutatáshoz használt műszereket és a kutatások lefolyását.

Kraszovszkij már régebben megállapította, hogy a látható hullámhosszon igen sok az elnyelő anyag a Galaktika központjában. Ezért, miután azt a következtetést vonta le, hogy a látható spektráltartományban

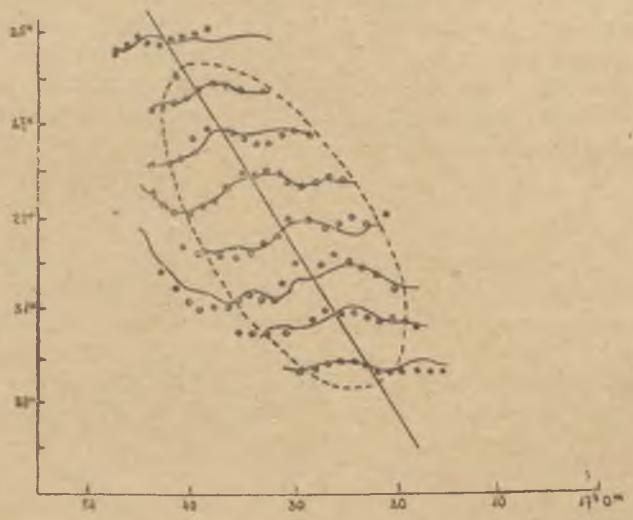


46. ábra. A Galaktika centrumának fotometriai szerkezete 9800 Å effektív hullámhossz mellett. (Kraszovszkij szerint)

a Galaktika központjának megfigyelése nehézségekbe ütközik, elhatározta, hogy hosszú hullámokkal fog kísérletezni, mert ezek részére fokozottabb az intersztelláris anyag áttetszősége.

V. I. Kraszovszkij a tapasztalatok alapján egy új elektron-optikai konvertert állított össze. A próbafelvételeket még 1947 márciusában és áprilisában végezte az R Leonis környékén. Megállapította, hogy a készülék 10 000 Å körül a legérzékenyebb. Ezért az újabban végzett kutatások során is ezzel a hullámhosszal dolgozott. A felvételeket 15° nyílásszöggel készítették. Ez-a nyílásszög lehetővé tette, hogy a Galaktika centrumából minden irányban 7°, 5 szögben fényképezzenek. A felvételeket átlag 20 perces expozícióval készítették. A negatívok kimérésére Zeiss-mikrométert használtak.

A Galaktika centrális területének megfigyelése, a sűrűsödések méreteinek pontos meghatározása kozmogóniai szempontból igen fontos. Ez pedig központi kérdés ma a szovjet csillagászok előtt. Elég ezzel kapcsolatban csak arra utalni, hogy az 1951. évi moszkvai kozmogóniai konferencia a Smidt-elmélet megvitatásával kapcsolatban is felhívta a



47. ábra. A Galaktika centruma Stebbins és Whitford mérései eredményei szerint

csillagászok és egyéb szakemberek figyelmét is arra, hogy fokozott figyelmet szenteljenek ezekre a kérdésekre. Ezért igen jelentős a Galaktika centrális sűrűsödésének a kutatása közben kapott ezen újabb eredmény.

A történeti hűség és az összehasonlítás kedvéért meg kell jegyezni a szovjet kutatók munkájával kapcsolatban, hogy J. Stebbins és A. Whitford amerikai csillagászok is foglalkoztak ezzel a kérdéssel. Nevezett kutatók elektrofotométerrel és 60, illetve 100 hüvelykes reflektorral dolgoztak a Mount Wilson-obszervatóriumban. Az amerikai kutatók is 10 000 Å effektív hullámhosszon folytatták elektrofotometrikai méréseiket. Annyit meg tudtak ugyan állapítani, hogy a Galaktika központjában fényesebb képződmény foglal helyet, sőt igyekeztek megrajzolni ennek a kontúrjait is (47. sz. ábra), de a pontosabb izofót vonalakat már nem tudták megszerkeszteni. A két amerikai kutató azon a véleményen van, hogyha egyáltalán van is egy másodlagos sűrűsödés, az a fényelnyelő sávra esik. A szovjet és az amerikai kutatók által szerkesztett izofót vonalak összehasonlítása azonnal meggyőz minket arról, hogy a Kraszovszkij és munkaközössége által kapott eredmények jóval pontosabbak és megbízhatóbbak.

*

A Galaktika centrális térségeinek a kutatása meglehetősen az érdeklődés központjában van. Az említett kutatókon kívül különböző szempontokból mások is foglalkoznak ezzel a kérdéssel. Az egyik haladó amerikai tudós, Minkowski is vizsgálta a Galaktika centrumát és megállapította, hogy a planetáris ködök a centrum környékén koncentrálódnak. Meg kell azonban említeni, hogy Sklovszki szovjet tudós még Minkowski előtt megállapította, hogy a Galaktika rádiófrekvenciás kisugárzása ott a legintenzívebb, ahol nagyobb sűrűségben helyezkednek el az O színképtípushoz tartozó csillagok. Sklovszki szerint ezen forró csillagok erősebb rádiókisugárzása arra vezethető vissza, hogy nagyobb tömegben van ionizált hidrogén körülöttük.

*

A Galaktikán belüli intersztelláris anyag kutatásával is több munkaközösség foglalkozik. Így például Melnyik megállapította, hogy a Galaktika alacsonyabb szélességein a szelektív abszorpciót okozó intersztelláris anyag átmérője 100 $\mu\mu$ nagyságrendű, míg magasabb szélességeken ez az érték kb. 50 $\mu\mu$-ra csökken. Nagyságrendileg nem egészen azonos, de elvileg megfelelő értéket kapott ezen a téren Kharadze is. Nevezett kutató a vizsgálatai révén arra a következtetésre jutott, hogy a Galaktika síkjában a részecskék átmérője kb. 10—15%-kal nagyobb az átlagosnál.

*

Igen nagy elvi fontosságú kérdésben folytatott egymással vitát két Sztálin-díjas szovjet csillagász, Ambarcumján és Voroncov-Veljaminov. A vita a csillagtársulások és a csillagok fejlődése körül folyt.

Mint ismeretes, Ambarcumján újabb kutatásai során meggyőződött arról, hogy a nyílthalmazokon és a gömbhalmazokon kívül egyéb csillagcsoportosulások is vannak, amelyek a fényképlemezen nem tűnnek fel, de színképelemzéssel kimutathatók, hogy azonos típushoz tartoznak. Ezért ezeket a csoportosulásokat Ambarcumján külön szóval társulásoknak nevezte el. Két ilyen társulást különböztetett meg. Az egyik társulás a T-Tauri típusról a T-társulás nevet kapta. A T-csoportba a T-Tauri típusú változó csillagokon kívül G, K, M típusú, fényüket nem változtató, de emissziós vonalakkal jellemzett színképű csillagok tartoznak. Az O társulások az O—B7, vagyis a korai színképtípusokhoz tartozó forró szuperóriás csillagokból állnak. A T-társulások csillagai 10° szögátmérőjű fészkekben, az O társulások csillagai viszont nyílthalmazok (pl NGC 6231 vagy a h és chi Persei) körül helyezkednek el. Utóbbi társulások átlagos szögátmérője 5°, lineáris átmérőjük pedig 100—200 parszek körül van. A társulás tagjaiból állandóan nagy mennyiségű anyag áramlik ki a térbe, ami általában jellemzi a korai színképtípusú

csillagokat. O-társulások vannak a Galaktikában (pl. az Orion-trapézt körülvevő nyílthalmaz is egy ilyen társulás magja), a Nagy Magellán Felhőben (NGC 1910) és a többi extragalaktikában is.

Ambarcumján kifejtette a továbbiakban, hogy mivel a Tejút gravitációs erőtere az egész csillagrendszerre vonatkoztatva nem homogén, a Galaktika árkeltő hatása a társuláson belül különböző gyorsulásokhoz és így a rendszer felbomlásához vezet. Mivel a társulások ma is megvannak, ebből az következik, hogy fiatalok, a bomlásuk folyamatban van, de állandóan keletkeznek újabbak, hasonlóan a csillagok csoportos társulásokon belüli kialakulásához, mely ma is állandóan folyik a Galaktikában. Ambarcumján továbbá feltételezi, hogy egyes társulások (Cygnus, Cassiopeia II) még közvetlenül a keletkezésük utáni stádiumban vannak, tehát az úgynevezett protocsillagok is megtalálhatók bennük. Ezek és a rádiófrekvenciás elektromágneses sugárzásokat kibocsátó úgynevezett rádiócsillagok ma még nem eléggé ismertek. Megismerésük előbbre fogja vinni a Tejútrendszer szerkezetére és a csillagok dinamikájára vonatkozó ismereteinket.

Ambarcumján kutatása felett igen komoly kritikát gyakorolt Voroncov-Veljaminov, aki több részletkérdésben ellenkező álláspontot foglalt el.

Voroncov-Veljaminov ellenvetéseit röviden a következőkben foglalhatjuk össze:

1. Nem tűnik ki a vizsgálatokból, hogy maguk az O-társulás magját alkotó nyílthalmazok milyen színképtípusú csillagokból állnak.

2. Nem egyeztethetők össze egymással az egyes társulásokra és az azok magjára vonatkozólag megadott távolságok. Így pl. a Cassiopeia II társulás 3000, a magja 5040 parszek távolságra van. Az Auriga társulás távolsága 1000, a magjáé (M 36) 490 parszek. A Carina társulás távolsága 700, a magjáé (NGC 2602) 210 parszek. A Cygnus társulás távolsága 1100, a magjáé (NGC 4996) 1840 parszek.

3. Kifogásolja, hogy Ambarcumján és munkatársai grafikusan meghatározták ugyan az egyes csillagok távolsági moduluszát, de nem vették figyelembe a korai színképosztályokhoz tartozó, tehát éppen a nagyobb abszolút fényességű csillagok átlagos távolsági moduluszát.

4. Ambarcumján és Gursadjan leszögezték, hogy egy társuláshoz tartozó alrendszer átmérője későbbi színképtípusba való átmenet alkalmával megnövekszik. Ebből arra következtettek, hogy a csillagok — miután egy aránylag kis térben létrejöttek — a Galaktika árkeltő ereje folytán szétbomlanak, egymástól eltávolodnak, mégpedig annál gyorsabban, minél későbbi színképtípusba tartoznak. Voronco-Veljaminov szerint legfeljebb arról lehet szó, hogy a társulás és az alrendszer átmérője egyszerre változik, de egymástól függetlenül semmiesetre sem.

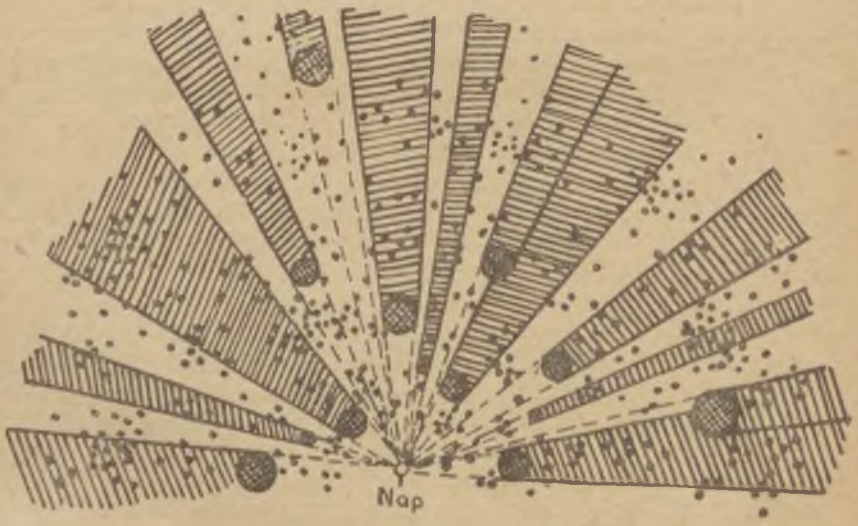
5. Ambarcumján azt fejtette ki, hogy a sebességszóródások a rendszerek tágulási sebességével szükségszerűen összefüggenek. Voroncov-

Veljaminov szerint inkább arra kellett volna kitérni, hogy milyen összefüggések vannak egy spektrális alosztály és egy alrendszeren belüli sebességszórások között.

Voroncov-Veljaminov a továbbiakban kifejti, hogy a forró óriások csillagsűrűségében beálló ingadozások visszavezethetők a helyenként ablakok, vagy a ő szavával élve, korridorok képződésére. Ilyen korridor nyilván csak ott keletkezhetik, ahol látásgátló ködtömeg nincs. Ebben az irányban tehát meglehetősen nagy az ég hátterén a csillagsűrűség. Nem minden irányról mondhatjuk el azonban ugyanezt. Egyes irányokban ugyanis köztünk és a távolabbi vörös óriások között egy sötét, átlátszatlan köd helyezkedik el. Sok függ azonban ebben az esetben a ködnek tőlünk való távolságától. Ha ugyanis a köd túl közel van hozzánk, akkor esetleg minden vörös óriást eltakarhat. Ha viszont a köd meglehetős távolságra van tőlünk, akkor a köztünk és a köd között levő vörös óriásokat látni lehet. Ilyenkor a köd a közelebb levő vörös óriások hátteréül szolgál, de azokat természetesen nem takarja el (48. sz. ábra).

Láthatjuk, hogy Voroncov-Veljami ov fejtegetései éles ellentétben állnak Ambarcumjánnak a csillagtársulásokkal kapcsolatos elméletével.

*



48. ábra. A Voroncov—Veljaminov féle úgynevezett átlátszósági korridorok szkémája.

Ambarcumján nem fogadta el Voroncov-Veljaminov kritikáját.

Mindenekelőtt nem osztja az ellenvetést a társulások és a halmazok távolsága tekintetében, amellyel V. V. azt akarta bizonyítani, hogy a nyílthalmazok nem lehetnek az O-társulások magjai. Itt tekintetbe kell venni azt, hogy különböző szerzők különböző adatokat közölnek az egyes halmazok távolságára vonatkozólag. Így pl. az NGC 6913 halmaz távolságát Trümpler 2100, Kollinder 2800, Becker és Stock 985, Barhatov pedig csak 750 parszeknek veszi.

Szerinte az sem fogadható el, hogy azért látszanak a halmazok a társulások magjainak, mert sok a halmaz és ezek rávetítődnek a társulásokra. Ezt bizonyítja az, hogy csak az O—B2 típusú csillagokat tartalmazó halmazok a társulások magjai, ahogy ezt a megfigyelések bizonyítják.

Nem tartja helyesnek V. V. korridor-feltevését se. Ha ilyen korridorok lennének, akkor azok nemcsak az O—B típusú csillagokra szorítkoznának.

Kifejti továbbá, hogy az a tény, hogy a diffúz gázködök a forró óriásokhoz hasonló eloszlást mutatnak, nem V. V. feltevését igazolja. mert ismeretes, hogy gázködöket csak ott lehet látni, ahol O és B0 típusú csillagok találhatók.

Ambarcumján természetesnek tartja, hogy egyes esetekben sűrűbb sötét felhők egyik-másik társulást részben, vagy teljesen is eltakarhatják, és ezért a társulásokat főleg ott lehet inkább látni, ahol nincs eltakarás. Hasonlóképpen a csillaghalmazokat is főleg azokban az irányokban lehet látni, ahol az átláthatóság feltételei jobbak. De ezekből nem lehet azt a következtetést levonni, hogy a csillaghalmazok korridorok lennének és nem valódi sűrűsödések.

A továbbiakban néhány kisebb részletkérdésben elismerte Ambarcumján V. V. kritikájának helyességét, de nagy vonalakban az eddigi megállapításait fenntartotta.

Nem valószínű, hogy a vita ezzel holtpontra jutott. Akármilyen eredménnyel is fog zárulni ez a vita, az a tény, hogy mindkét felet további kutatásra ösztönzi, a kérdés végleges tisztázását nagyban elősegíti.

A vitáról és a többi idevágó aktuális kérdésről rövidesen részletesebb beszámolót találhatnak az olvasók a «Természet és Technika» című folyóirat hasábjain.

*

Ambarcumján a csillagok fejlődésére vonatkozólag újabb megállapításokra jutott, amelyeket a következőkben foglalhatunk össze:

A sík és az átmeneti alrendszerekhez tartozó csillagok ma is születnek a Galaktikában. A fősorozat első részéhez tartozó csillagok sík alrendszereket képeznek és általában fiatal objektumok. A fősorozathoz tartozó O—G típusú csillagok fejlődése 10^{11} év óta tart. A további fejlődésük kérdése, az F—G típus kivételével, még nem elég tisztázott. A fősorozat

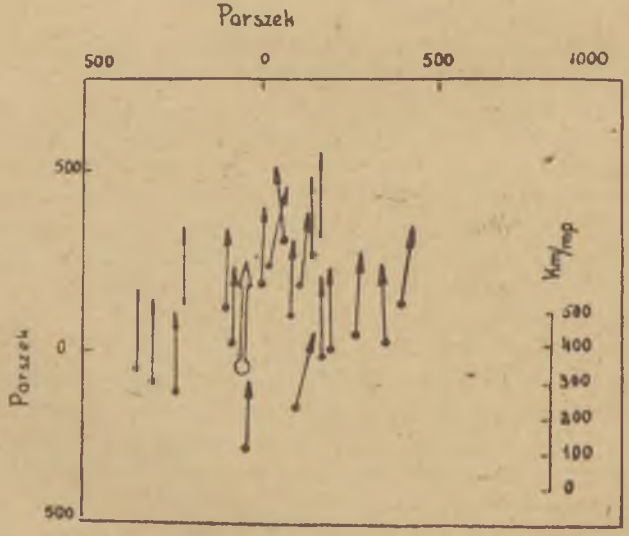
második részét alkotó csillagok fejlődésében ugyan máris sajátságos jellemvonások mutatkoznak, de egyébként még ez a kérdés is további vizsgálatokat követel meg. A további kutatásokhoz jó támpont azonban az, hogy egy csillaghalmaz se ismeretes, amely K—M típusú csillagokból állna. Ez azonban részben arra is visszavezethető, hogy ezek a csillagok igen fényszegények és ezért a spektrumuk és a saját mozgásuk nem ismeretes.

*

Parenago és munkaközössége az elmult évek folyamán gondosan elemezték a Tejútrendszerhez tartozó sík- és szférikus alrendszerek mozgásviszonyait. A vizsgálatok azzal az eredménnyel zárultak, hogy a Galaktika sík alrendszerei majdnem körszerű, a szférikus alrendszerek pedig erős excentricitású elliptikus pályákon mozognak. Az átmeneti alrendszerek ezzel szemben különböző excentricitású pályákon mozognak. A Galaktika rotációjából adódó lineáris sebességük átlagosan 220 km/mp.

A sík alrendszerekhez tartozó csillagok mozgása általában rendezettnek mondható. Ezt jól szemlélteti a hosszú periódusú Cepheidák mozgása, amint az a 49. sz. ábrán látható. A pontok az egyes objektumokat, a nyilak a haladási irányt jelölik. A kettős vonallal meghúzott nyíl a Nap helyét és mozgási irányát tünteti fel.

Ezzel szemben a szférikus alrendszerekhez tartozó csillagok mozgása a rendezetlenség benyomását kelti, amit a rövidperiódusú Cepheidák jól illusztrálnak. Ezeknek a csillagoknak a mozgását a Brown-féle mozgás-



49. ábra. A hosszú periódusú Cepheidák mozgása.

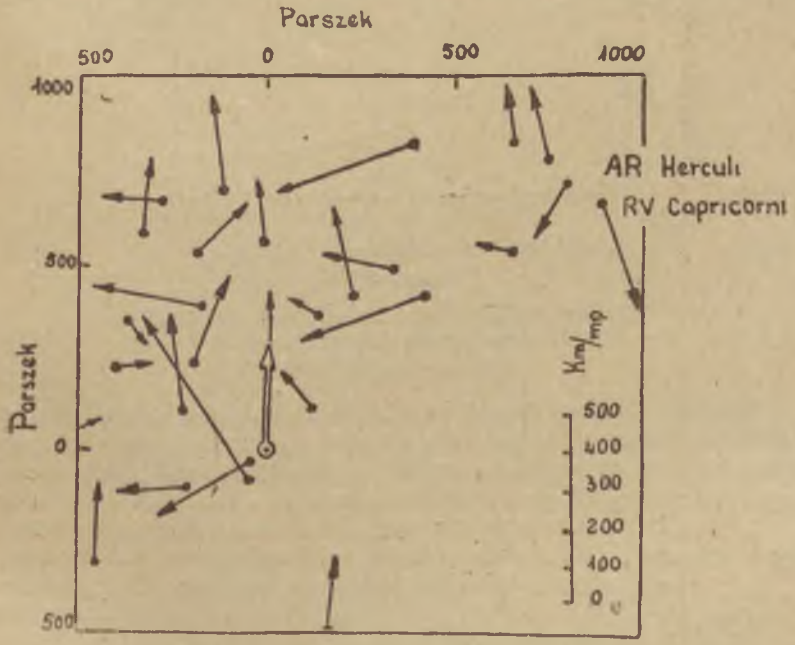
hoz lehet hasonlítani (lásd 50. sz. ábra). A rajzból azonban nem szabad azt a következtetést levonni, hogy a sebességek átlagos értéke a kiegyenlítések folytán esetleg 0 körül jár. Az átlagos sebességérték ugyanis 110 km/mp körül van. A sebességszóródások értéke azonban meglehetősen nagy, hiszen van az alrendszerben olyan csillag is, amelynek a sebessége 300 km/mp. Van a csillagok között olyan is (pl. az AR Herculi és az RV Capricorni), amely indirekt irányban halad.

A Galaktika rotációjánál meglehetősen sajátságos mozgással állunk szemben. A Galaktika rotációját nem lehet a tengelye körül forgó szilárd testhez, vagy a bolygók napkörüli keringéséhez hasonlítani. Így pl. egy megadott alrendszer lineáris sebességét nemcsak az a körülmény határozza meg, hogy mekkora a rendszer távolsága a Galaktika centrumától, hanem az is, hogy mekkora a rendszer lapultsága. Ezt mutatja az is, hogy észrevehető a sebességkülönbség a sík és a szférikus alrendszerek között (51.sz. ábra).

*

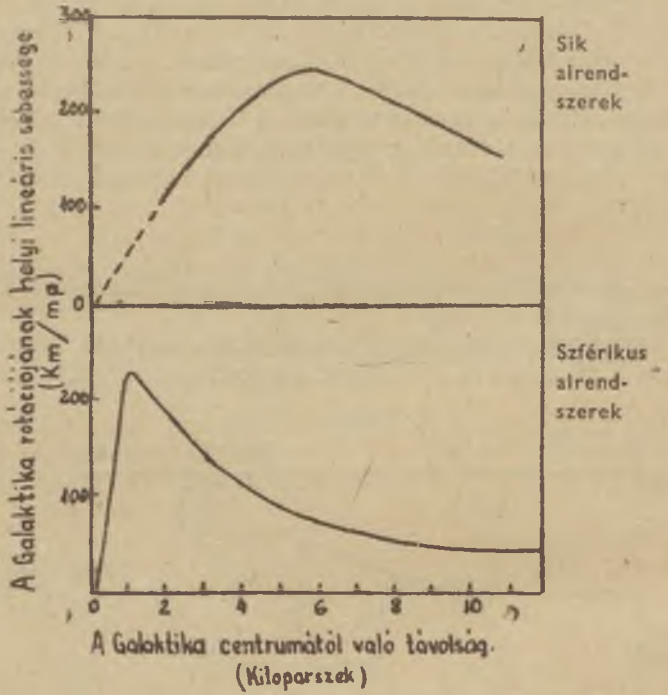
Érdekes megállapításokra jutott Parijszkij és Parenago a Galaktika további fejlődését illetőleg.

Parijszkij megfigyelte, hogy a Cepheidák a Galaktika központja felé közelednek. Ha ezek a fiatal csillagok a központ felé tartanak, akkor való-



50. ábra. A rövid periódusú Cepheidák mozgása.

színű, hogy az öregebb csillagok a Galaktika peremtájai felé haladnak. Ezt ugyan Parenago szerint egyelőre nehéz még ellenőrizni, mert a Galaktika szférikus alrendszereihez tartozó öregebb csillagok sebességszórása igen nagy. A jövőben tehát még többtízezer csillag mozgását kell megfigyelni ebből a szempontból. Annyi azonban máris bizonyos, hogy a szférikus alrendszerhez tartozó csillagok sebessége időnként átlépheti a parabolikus sebességet és ezért a Galaktikát elhagyhatják.



51. ábra. A Galaktika centrumától való távolság és az alrendszereket jellemző pályamenti sebességek összefüggése

Miután a sík alrendszer tagjai a Galaktika központja felé közelednek, a szférikus alrendszer tagjai pedig a Galaktika központjához viszonyítva divergáló mozgást végeznek, ezekből a tényekből további következtetéseket lehet levonni, amelyeket Parenago a következőkben összegezett:

1. A szférikus alrendszer csillagai a Galaktika központjának a közelében keletkeztek, a sík alrendszer tagjai pedig a Galaktika peremvidékén.

2. A távoli jövőben a Galaktika átalakul a Magellán Felhő szerkezettípusához közelálló szabálytalan csillagrendszerré, amely szinte kizárólag a sík alrendszer objektumaiból áll és csak kevés szférikus alrendszer lesz benne.

3. Ha a sebességszórás jövőbeni üteme a sík alrendszerben nem csökken, sőt fokozódik (megkétszereződés minden 3.10^8 évben), akkor a Magellán Felhő-állapot 10^{11} év mulva következik be. Körülbelül annyi ideig tart, míg a szférikus alrendszerek szinte minden tagja kiválik a Tejútrendszerből.

Ha figyelembe vesszük a Napnak a Galaktika központjától való távolságát, erre a pontra nézve a parabolikus sebesség 315 km/mp. Ha pedig azt vesszük tekintetbe, hogy a szférikus alrendszer tagjainak a sebességszórása eléri a 100 km/mp értékét, akkor arra az eredményre jutunk, hogy a csillagok 0,1%-a máris eléri a parabolikus sebességet. A mozgás irányától függőleg a csillagok többsége ezt a sebességet 10^7—10^9 év mulva érheti el. Ha viszont 10^8 év alatt a csillagok 0,1%-a elhagyja a Galaktikát, akkor 10^{11} év alatt a Galaktika szférikus rendszereinek a fele elhagyja a Tejútrendszert. Ezek szerint 10^{11} év mulva a Galaktika kisebb méretű csillagrendszer lesz, amely csupa sík alrendszerből áll. Igy a fejlődés üteme egyre gyorsabb lesz, mivel a méretek csökkenése szükségszerűen magával hozza a parabolikus sebesség csökkenését is.

Ez a rendszer már nem a jelenlegi típusú csillagokból fog állni, mert a benne maradó csillagok is közben átalakulnak. A még távolabbi jövőben a sík alrendszerhez tartozó csillagok sebességszórása is növekedni fog, tehát ezek egy része szintén elhagyja a Galaktikát. Ennél távolabbi következtetéseket azonban ma még nem lehet levonni.

*

II.

Maszjevics 1951-ben számításokat végzett a Nap korára és további fejlődésére vonatkozólag. Számításai szerint a Nap legfeljebb 10^{10} éves. Szerinte a Nap tömege az elkövetkező 10^{10} év folyamán mindössze 0,01%-kal fog csökkenni. Mivel ez a csökkenés kismérvű, ezért a Nap fényessége és színképtípusa (G3) lényegesen nem fog megváltozni. Ebből azt a végkövetkeztetést vonja le, hogy a Nap valamikor gyors ütemben fejlődött, de ez az ütem lényegesen lelassult.

Maszjevics számításokat végzett a Nap mozgására vonatkozólag is. Megállapította, hogy a Napnak a helyi rendszer csillagaihoz viszonyított relatív sebessége 18,5 $\pm$ 0,8 km/mp, a Galaktika rotációs mozgásából adódó keringési sebessége pedig 248 $\pm$ 6 km/mp.

*

I. Sz. Sklovszkij, a kiváló szovjet napfizikus nagy összefoglaló monográfiát írt az elmult évben a napkoronáról és az újabb napkorona kutatásokról. A mű gazdag tartalmából kiemelünk egy pár újabb, értékes szempontot és megállapítást.

1. Végérvényesen leszögezhető, hogy a napkorona kémiai összetételét illetőleg nem különbözik a fotoszférától és a kromoszférától. Ezen a téren tehát csak a hőmérsékletkülönbség húz határvonalat a napatmoszféra alsó rétegei és a napkorona között.

2. A napkorona térfogatát és sűrűségét alapulvéve újra meghatározták a napkorona tömegét. Kiderült, hogy a napkorona tömege néhány ezerszer kisebb, mint a földi atmoszféra tömege.

3. Érdekes, hogy a korona spektrumában a vörös vonalat meg lehet találni a sarki térségben is, de a zöld vonalat sohasem. Valószínű, hogy ennek a ténynek döntő szerepe lesz a napfizika még tisztázatlan kérdéseinek megfejtésében.

4. Megállapították, hogy a vörös és a zöld vonal nem lép fel egyszerre a koronában. A megvizsgált esetek 75%-ában ugyanis a két vonal csak külön-külön fordult elő.

5. A napkoronában fellépő sugarak élettartama egyes esetekben néhány óra, más esetekben néhány hét. Átlagos élettartamuk 1—2 nap.

6. A napkorona ultraibolya sugárzása nemcsak kifelé hat. Áthatol a kromoszférán és a protuberanciákon is. Ez okozza valószínűleg a kromoszféra és a protuberanciák spektrumaiban mutatkozó anomáliákat (pl. a hélium rendellenes gerjedése).

7. A napkorona fizikai tulajdonságainak a kutatását nagy mértékben megnehezíti az, hogy a sűrűségi grádiens értéke nagyon kicsi mind a kromoszférában, mind a koronában.

8. A napkorona elektron hőmérséklete elég tág határok között mozog. A hőmérséklet abszolút értéke az ionizáció fokától függ. Az a régebbi megállapítás, hogy a napkorona hőmérséklete 1 millió fok körül van, csak közepes értéknek tekinthető, miután a hőmérséklet 450 000° és 1 700 000° között változik.

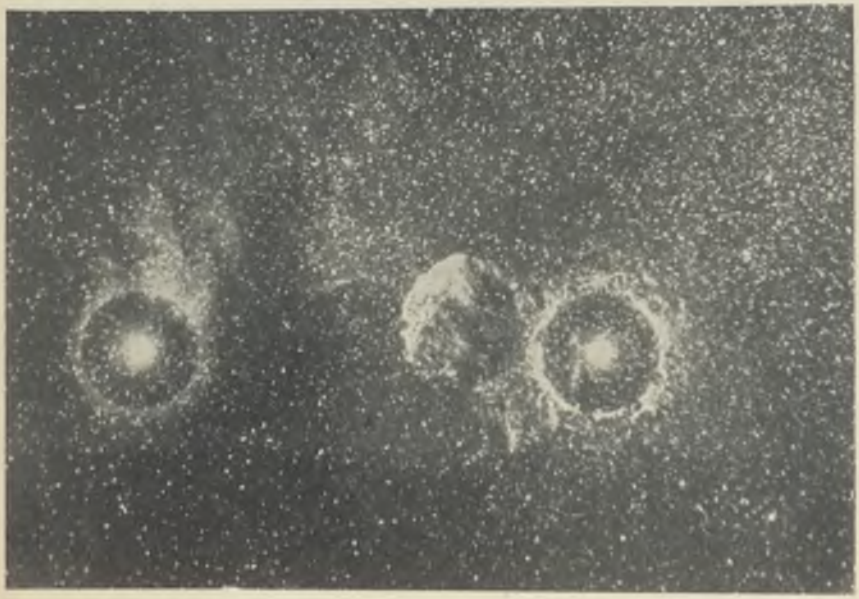
9. Mivel a napkorona több nagyságrenddel magasabb hőmérsékletű mint a fotoszféra és a naplégkör alsó rétegei, felmerül az a kérdés, hogy mi okozza ezt a termikus inverziót? Az eddigi feltevések egyike se bizonyult helyesnek. Sklovszkij valószínűnek tartja, hogy az inverzió létrejötte a napmágnességgel kapcsolatos; gyengébb térerősségű elektromos mezők hatására vezethető vissza. Ezek az elektromos mezők egyrészt nem befolyásolják lényegesen a Nap alsó, aránylag sűrűbb rétegeinek energetikai egyensúlyát, de ugyanakkor döntő hatást gyakorolnak a szerfölött ritka koronára.

10. A napkorona hatalmas kinetikai hőmérséklete érthetővé teszi majd a napkorona több, eddig még nem kellőképpen tisztázott fizikai tulajdonságát.

11. A napkorona mindenesetre meglehetősen távol áll attól, hogy termodinamikai egyensúlyban levőnek mondhassuk.

*

52. ábra. Az 1951 február 8-i felvétel



53. ábra. 1951 február 9-i felvétel

BIBLIOTHECA ACADEMIAE SCIENTIARUM HUNGARICAE
MAGYAR TUDOMÁNYOS AKADÉMIA KÖNYVTÁRA
BUDAPEST

III.

1951 február 8-án és 9-én Sajn és Gaze új ködfoltot (52. ábra) találtak az Ikrekben. A fényképezést 45 cm-es, szűrővel ellátott fényerős kamrával (F/1,4) végezték. A szűrő a Hα körül csak a színkép keskeny sávját bocsátotta keresztül. Az expozíció ideje 70 perc volt. A köd szimmetrikusan helyezkedik el az η és μ Geminorum között. A köd centrumának rektaszcenziója és deklinációja $6^h\ 14^m + 22°30'$.

A légköri viszonyok különösen február 9-én igen jók voltak. Az egyidejűleg végzett fotoelektromos mérések is azt bizonyítják, hogy az égbolt hátterének a fényessége 1,5-szer erősebb volt az átlagosnál. Ezt igazolja az is, hogy a csillagok szintén 0,4 nagyságrenddel fényesebbek voltak 9-én, mint 8-án. (53. ábra.)

A fényképekről megállapítható, hogy az újonnan felfedezett szférikus köd helyenként íves, máshol rostos szerkezetű, de egyéb alakzatok is találhatók benne. Egyes részletek azonban sajnos összeestek a fényudvarral, amely azáltal jött létre, hogy a lemez hátsó lapja reflektálta az erősebben sugárzó csillagok fényét.

A fényképek és az adatok kritikai ellenőrzése után biztosra vehető, hogy az újonnan felfedezett ködöt nem lehet műszer-effektusnak tekinteni.

Érdekes, hogy azt is sikerült a fényképről megállapítani, hogy a már régebben ismert I. C. 443 köd erősebben kiterjed nyugat felé, mint ahogy azt eddig gondolták.

*

Sajn és Gaze az említett felfedezésen kívül egyéb általános jellegű vizsgálatokat is folytattak a gázködök természetére vonatkozólag. Megállapították, hogy a gázködök és a velük kapcsolatos csillagok között nemcsak véletlen, vagy időbeli, hanem genetikai kapcsolat is van. A két kutató több gázködöt figyelt meg, melyek külső szélét élesen záruló, fényes, szabálytalan alakú sáv vette körül. Némelyik körül pedig gyenge, de meglehetősen nagy lineáris átmérőjű hidrogén mezőt figyeltek meg.

A két szovjet kutató megvizsgálta azt a kérdést is, hogy mi a jelentősége a csillagközi anyag fékező szerepének a ködök szerkezete kialakításában. Valószínűnek tartják, hogy ez a tényező hatással van a ködök egyes strukturális elemeinek (ágas, rostos, gömbszerű alakzatok stb.) a kifejlődésére.

Megállapították azt is, hogy az O és B0 típusú csillagokkal kapcsolatos gázködöket, valamint a B2, B3, B5 típusú csillagokkal kapcsolatos részint gázból, részint szilárd porszerű anyagokból álló ködöket egymással azonosítani nem lehet, bár feltehető, hogy genetikai kapcsolat van közöttük.

*

Eredeti vizsgálatokat végzett Voroncov-Veljaminov a planetáris ködök néhány fizikai jellemzőjére vonatkozólag. Eredményeit főbb vonásaiban a következőkben foglalhatjuk össze.

A ködök távolságának a megállapítása a multban nem történt kielégítő pontossággal. Azelőtt ugyanis csak az abszolút és a látszólagos fényességet vették tekintetbe, amikor a ködök távolságát és méreteit meghatározták. A két utóbbi adat birtokában pedig igyekeztek következtetéseket levonni a mag fényességére vonatkozólag is. V. V. ezt az eljárást pontatlannak minősíti, miután figyelmen kívül hagyja a fényelnyelés szerepét és nem támaszkodik a magcsillag hőmérsékletéből levonható következtetésekre.

Ami a ködök radiális sebességét illeti, azt a Galaktika rotációs mozgásából nem lehet levezetni. Jól ellenőrzött megfigyelés tanúskodik ugyanis arról, hogy egy galaktikai fokon belül 135—203 km/mp sebességszórás is előállhat.

Megállapítja továbbá, hogy statisztikailag nem lehet kimutatni a mag fényessége és spektruma közötti összefüggést annak ellenére, hogy egyébként a mag fényessége a hőmérséklet emelkedésével párhuzamosan nő. Ma még nem lehet az abszolút hőmérsékletet jó megközelítést nyujtó számadattal kifejezni. Annyi azonban máris bizonyosnak látszik, hogy a mag bolometriai fényessége a vizuális fényességgel ellentétben csekély szórást mutat.

A neves szovjet kutató leszögezi továbbá, hogy azoknak a ködöknek az átmérője a legnagyobb, amelyeknek magja WR típusú csillagokból áll. Ezen ködök lineáris átmérője meghaladhatja a 15 000 csillagászati egységet is.

Ami a ködök tágulási sebességét illeti, azokban az esetekben könnyű kiszámítani, amikor a köd átmérője nem túl nagy és mindössze 6.10^3—54.10^3 csill. egység határok között mozog. Ezeket a ködöket rendszerint kettős gázburok veszi körül.

Nehéz viszont meghatározni azon ködök tágulási sebességét, amelyeknek az átmérője egészen kicsi vagy az átlagosnál nagyobb.

Ha a tágulási sebesség állandó, a köd kora 1000—10 000 év között van. Az egy csillagászati egységnél kisebb átmérőjű ködök tágulási sebessége átlag 20 km/mp, életkoruk pedig 200 év. Ez ellentmond annak a feltevésnek, hogy ezek a ködök szupernóvák kitöréséből származnak. Figyelembe kell venni azonban, hogy másképpen is keletkezhetnek ilyen ködök. Előfordulhat, hogy ezek a gáztömegek a csillagból a parabolikus sebességet alig felülmúló sebességgel törnek elő.

Ahhoz ugyanis, hogy egy bizonyos anyagtömeg végkép elhagyja a csillagot, nem feltétlenül szükséges nagyobb kataklizmát feltételezni a csillag életében. Példaképpen felemlítjük, hogy a Napon is megfigyeltek már 720 km/mp sebességgel felfelé törő protuberanciát. Ugyanakkor tudjuk, hogy a parabolikus sebesség a Napon 619,4 km/mp.

A legkisebb ködök között vannak olyanok, amelyeknek a spektrumából hiányoznak az emissziós vonalak. Feltehető, hogy ezek már néhány évszázaddal ezelőtt beszüntették a gázkilökést. Természetesen a WR típusú csillagokból álló mag tovább táplálja gázokkal a ködöt, de még ennél a típusnál se tarthat 1 millió évnél hosszabb ideig ez a folyamat.

Egyebekben Voroncov-Veljaminov osztja Oort nézetét, aki a ködök tágulási sebességében beálló fékezést jórészt az intersztelláris anyag közegellenállására vezeti vissza.

*

Rövid idő alatt a szovjet csillagászati kutatás egyik igen komoly fegyverévé vált az új Makszutov-féle fényerős meniszkusz-teleszkóp. Az első ilyen teleszkópot 1950 őszén állították fel Alma-Atában. A teleszkóp nyílása 50 cm, a nagy tükör átmérője pedig 67 cm. Fényereje 2,4, equivalens fókusztávolsága pedig 1200 mm. Jellemző a teleszkóp teljesítőképességére, hogy már 40 perces expozícióval a 19-es nagyságrendig bezárólag felvételeket lehet vele készíteni bármilyen objektumról.

Ezzel a teleszkóppal készített felvételeket V. G. Feszenkov és munkatársa D. A. Rozskovszkij az α Cygni környékén levő «Amerika» gázködről és a közismert Orion-ködről. Feszenkov főleg az utóbbi ködre vonatkozólag végzett igen értékes megfigyeléseket. Az expozíciók időtartama 5 perc és 2 óra között váltakozott. A negatívok mélyreható tanulmányozása után a köd egyes kivehető részleteit rajzban rögzítette le (54. sz. ábra). A Feszenkov által készített rajz minden eddigi felvételnél jobban kielemzi és pontosabban tárja elénk finomabb részleteivel együtt a köd szerkezetét. A munka első ütemében nem az egész ködről, csak annak egyes részeiről készítettek vázlatokat. A második ütemben pontkapcsolási eljárással egyesítették az egyes részletrajzokat és megfelelő nagyítás után egységes, összefüggő rajzot készítettek az egész ködről. Természetesen a köd helyenként különböző fényességi viszonyait nem lehetett a rajzban olyan hűen kihozni, de — mivel a szerkezet érzékeltetéséről volt szó — nem is ez volt a céljuk. A szerkezetrajz azonban olyan jól sikerült, hogy a köd legfinomabb részleteit is csodálatos pontossággal adja vissza. Nemcsak a köd általános alakját szemlélteti, hanem az egyes örvénylő, turbulens jellegű, fonalszerű képződmények rajzát is.

Feszenkov ezzel a munkamódszerrel igen értékes tapasztalatot szerzett. Meggyőződött arról, hogy a ködökről és egyéb hasonló objektumokról úgy lehet a legpontosabb képet szerezni, ha több felvételt is készítünk róluk. A siker előfeltétele azonban az, hogy a különböző felvételek mellékkörülményei azonosak legyenek, de az expozíciók időtartama különböző legyen. Ebben az esetben ugyanis a különböző felvételeken más és más részletek jönnek ki élesebben, tehát az egyes negatívok kiegészítik egymást.

A negatívok figyelmes vizsgálata azt bizonyítja, hogy az Orion ködöt két oldalról csillagszegény térségek veszik körül. Ezzel szemben a köd hátterében nagy számban vannak fényesebb csillagok.

A köd egyes csillagait sötétebb árnyalatú burok veszi körül (ezt az üstökös magját körülvevő kómához lehetne hasonlítani). A negatívokon persze a csillag fekete pont, a burok pedig elmosódottabb, de világosabb folt alakjában tűnik elő. Ezt a jelenséget nem lehet egyszerűen fotografiai effektusnak minősíteni, mert nem minden egyes csillagnál találkozunk vele. Az előbb említett kontraszt jelenség tehát azt mutatja, hogy a csillagot környező térségben igen kevés az anyag. Feltűnő az is, hogy a csillag és a burok között egy gyűrűalakú, aránylag üres tér van, amelyben nyilván csak kevés anyag van. A gyűrű létrejöttét kétféleképpen is lehet értelmezni, mégpedig a csillag taszító hatásával, vagy éppen ellenkezőleg, a vonzó hatásával. Feszenkov valószínűbbnek tartja, hogy a csillag taszító hatása távolítja el az anyagot a csillag közvetlen közeléből. Meg lehet ugyanis figyelni, hogy ott, ahol egy fonalszerű vagy áramláshoz hasonlító képződmény találkozik egy csillaggal, azt nem öleli szorosan körül, hanem minden irányban jól kivehető, meglehetős távolságban marad tőle.

Megfigyelhetők egyes kiágazó fonalak is, amelyeknek a végén (de lehet bennük is) egy-egy csillag helyezkedik el. Ezek a fonalak valósággal összekötik a központi ködtömeget egy-egy távolabbi, elszigetelt fekvésű csillaggal. Ezek a kiágazó fonalak kettősek. Megfigyelhető az is, hogy a fonalszerű képződmények végén levő csillag fényesebb, mint pl. a fonal közepe táján levő csillagok. Érdekes az a tény is, hogy ezek a fonalak szinte teljesen párhuzamosak egymással.

Ezekből a fonalszerű képződményekből, azok hosszából, alakjából, méreteiből és irányából Feszenkov további következtetéseket von le. Ugyanis feltűnő, hogy hasonló az elhelyezkedése a Herkulesben levő M 13-as gömbhalmaz vörös óriásainak is. Ebben a csillaghalmazban a kisebb fényességű csillagok elhelyezkedése egyenletes, helyi koncentrációk nélküli. A vörös óriások azonban sugarasan kiágaznak a gömbhalmaz központi tömegéből és közel érintőlegessé váló, hajlított ívek alakjában veszik körül a gömbhalmaz központi részét. Ezt az analógiát Feszenkov nem tekinti véletlennek, sőt ellenkezőleg, valószínűnek tartja, hogy ebből távolabbi következtetéseket lehet levonni. Ehhez azonban egyelőre még sok, Makszutov-féle teleszkóppal végzett megfigyelésre, illetve felvételre van szükség.

*

Eredeti kutatásokat végzett és értékes megállapításokhoz jutott Szobolev szovjet tudós is, aki a gázködökben levő szabad elektronok energia egyensúlyának a kérdésével foglalkozott. Szobolev vizsgálatai során arra a meggyőződésre jutott, hogy ezek az elektronok az energiáju-

54. ábra. Az Orion-köd finomabb szerkezete Feszenkov fényképfelvételeinek alapján készített rajza szerint

kat a hidrogén atomok foto-ionizációja útján nyerik. Nevezett kutató ugyanakkor rámutatott arra is, hogy ezek az elektronok az említett módon nyert energiájukat háromféleképpen veszíthetik el: egyrészt a folytonos színképben is kimutatható kisugárzás, másrészt az O^{++} ionokkal, végül a hidrogénatomokkal való ütközések révén.

A gázködök kutatásával kapcsolatban meg kell említeni Melnyikov munkáját is, aki az utóbbi időkben főleg sebességmérésekkel foglalkozott. Szerinte az intersztelláris gázködök pekuliáris sebességének értéke kb. 7 km/mp.

*

IV.

Mindaz, amit eddig elmondtunk, a már elért eredményeket tükrözi. A szovjet csillagászok azonban új célokat is tűznek ki maguk elé. Tekintsük át röviden, hogy melyek a szovjet csillagászok küszöbön álló legfontosabb feladatai.

Parenago és munkatársai nagyszabású munkát szerveztek meg a csillagok térbeli sebességének a meghatározása céljából.

Ez a munka még 1936-ban kezdődött meg. Ebben az évben fejezték be ugyanis egy 25 000 csillagból álló katalógus összeállítását. Maguk a mérések 1939 óta folynak. A mérések célja a távolságok, a saját mozgások és a radiális sebességek meghatározása. Amikor a katalógusban szereplő csillagok sebességét meghatározták, kiszámították az intersztelláris anyag fényelnyelési tényezőjét. Ez a munka 1945-ben fejeződött be. 1946-ban befejezték a csillagok radiális sebességéről készített katalógust is.

A tangenciális és radiális sebességi adatok birtokában nekifogott a munkaközösség a katalógusba felvett csillagok térbeli sebességének a meghatározásához. Ez a munka jelenleg is folyik. Biztosra vehető, hogy az eredmények és az azokból levonható következtetések kozmogóniai szempontból is igen jelentősek lesznek. Meg kell azonban említeni, hogy a kollektíva ebben a munkafázisban egyelőre még nem foglalkozik a hosszú és rövid periódusú Cepheidákkal, a szubtörpékkel és a fehér törpékkel.

*

Igen komoly kutató munkásságot fejt ki Vashakidze az abszorpció vizsgálata terén. Eddigi munkája eredményeképpen máris sikerült egy jól bevált képletet levezetnie, amelynek a segítségével az általános (fotografikus, vizuális) abszorpciót közvetlenül ki lehet számítani a színexcesszusból.

*

A legújabb vizsgálatok között fontos szerepet töltenek be Dombrovszki polarizáció vizsgálatai. Dombrovszki megállapította, hogy a Cepheusban levő csillagok közül csak egy csillagnak van polarizációja. A polarizáció értékéül 6%-ot kapott. A kutató tovább folytatja a megfigyeléseit, de máris valószínűnek tartja, hogy a polarizáció jelensége nem a csillagközi térségben, hanem a csillagok légkörében keletkezik.

— — —

Nem kétséges, hogy kozmogóniai szempontból is igen fontos a Galaktika csillagközi anyagának mélyrehatóbb kutatása. Ezt felismerve Sajn és Gaze a következő feladatokat tűzték ki maguk elé:

1. A Galaktika csillagközi anyaga átlagos és lokális sűrűségi viszonyainak tisztázása. Ez a kutatás előbbre fogja vinni a tudásunkat a Galaktika dinamikájának a megismerése terén, de ugyanakkor asztrofizikai szempontból is igen lényeges.

2. Pontosabban kell tisztázni a jövőben, hogy a galaktikus ködökben és általában az egész Galaktikában mekkora a gáznemű, a porszerű és meteorszerű anyag egymáshoz viszonyított százalékaránya.

3. Tisztázni kell, hogy a diffúz gázködök és a csillagok közötti gázok milyen mértékben vesznek részt a legtávolabbi csillagok színképében mutatkozó abszorpciós vonalak létrejövetelében.

4. Szabatosabban kell meghatározni a fénylő, a fénylő porszerű és a sötét ködöket egymástól elhatároló kritériumokat.

5. Mélyrehatóbban kell kidolgozni a csillagközi anyagok fizikáját és pontosan meg kell határozni az egyes részecskék méreteit.

6. Tisztázni kell a csillagközi anyag eredetét.

A két megnevezett kutató három kutatási módot tart a feladatok megoldása szempontjából célravezetőnek:

1. A csillagközi anyag szerkezetét fel lehet deríteni a távoli csillagok színképében megjelenő csillagközi atomok elnyelési vonalai alapján.

2. A fénylő diffúz ködök és a Galaktika ehhez hasonló képződményeinek több oldalú vizsgálata alapján következtetéseket lehet levonni a csillagközi anyag fizikai szerkezetére és egyéb állapotjelzőire vonatkozólag.

3. A Galaktikához tartozó sötét felhők elnyelési viszonyait meg lehet határozni fotometrikus és kolorimetrikus mérésekkel is.

Sajn és Gaze azon a véleményen vannak, hogy a második pontban említett kutatási eljárás lesz a legeredményesebb.

Meg kell említeni, hogy a két kutató már az eddig megejtett vizsgálatok során is értékes megállapításokat tett. Ezeket röviden a következőkben foglalhatjuk össze:

1. A csillagközi anyag állandó utánpótlást kap egyrészt a csillagokból történő állandó anyagkiáramlás, másrészt nagyobbszabású explóziók, illetve előttünk szinte ismeretlen hevességű protuberanciák révén.

2. A gáznemű anyagok helyenként kondenzálódnak és ilyen módon szilárd részecskék keletkeznek.

3. Biztosra vehető, hogy a csillagközi anyag nagy szerepet játszik a protocsillagok keletkezésében.

4. A protocsillagok belsejében nagy szögnyomatékkal jellemzett turbulens mozgások jönnek létre. Miután pedig a protocsillagok nem szilárd testként forognak a tengelyük körül, a szögnyomaték a csillag belsejéből a külső szférákba transzponálódhatik. Ez a folyamat a korai színképtípusú gyorsan rotáló csillagoknál $10^6 - 10^7$ évig tarthat.

5. A protocsillagok még nem tekinthetők állandó képződményeknek. Valószínű ugyanis, hogy belső robbanások következtében időnként ledobják külső burkaikat.

*

Amint már a beszámoló elején is utaltunk rá, a szovjet csillagászok kutatása szerfölött sokoldalú, szétágazó. Nagyon sok érdekes megfigyelést, adatot lehetett volna még megemlíteni. Ezt azonban egyrészt a cikk terjedelme nem engedte meg, másrészt az volt a célunk, hogy egységes képet adjunk a legfontosabb kutatási területekről. Ebből az ismertetésből kimaradt kisebb részletkutatásokról a legközelebbi alkalommal fogunk beszámolni. Remélhető, hogy az addig is végzett kutatási eredmények birtokában módunkban lesz azokról a kérdésekről is részletesebb, kimerítő képet adni.

Zerinváry Szilárd

A CSILLAGOK TENGELYFORGÁSA

A Nap és a bolygók forgása jól megfigyelhető. A kivetített napképen a foltok helyzete napról-napra változik, melyeknek rendszeres észlelései azt mutatják, hogy a Nap tengelyforgást végez. A pontos megfigyelések módszert adnak arra, hogy meghatározzuk a forgás idejét és a forgástengely irányát is. Hasonlóan meghatározható annak a bolygónak a forgása is, amelynek felületén jól kivehető, a bolygóhoz viszonyítva állandó helyzetű alakulatok vannak. Így meghatározható volt a Mars, Jupiter, Szaturnusz, Uránusz forgásának ideje, és forgástengelyük iránya.

Lényegesen nehezebb a forgás meghatározása azoknál a bolygóknál, melyeknek felületén nincs állandó helyzetű alakzat. Igy bizonytalan a Merkur és a Vénusz forgásának ideje. Ezeken a bolygókon semilyen kivehető alakulat nincsen. Nem lehetséges közvetlenül meghatározni a forgás idejét a távoli Plutónál sem és a kisbolygóknál sem. Ezeknél a korong látszólagos átmérője olyan kicsi, hogy a rajta levő alakzatok már a távcső felbontóképességének a határán vannak.

Az égitestek forgása a közvetlen megfigyeléseken kívül, színképelemzés segítségével is meghatározható. Pl. a csillagok légköre sötét elnyelési vonalainak hullámhossza, melyek más irányú laboratóriumi mérésekből jól ismeretesek, a Nap és a csillagok színképében nem egyeznek a laboratóriumi hullámhosszakkal. Az eltérés — vonaleltolódás — az egész csillag, ill. a kromoszféra észlelt gázrészeinek közeledésétől vagy távolodásától származik. Ha közeledik, úgy a színképvonal hullámhossza rövidebb lesz. Tehát az ibolya felé fog eltolódni. Ha távolodik, úgy a vörös felé. Az elnyelési vonalak hullámhosszának méréséből, ill. az eltolódás meghatározásából a csillag, vagy a szóbanforgó gázrészek hozzánk viszonyított sebessége meghatározható. Ha elég nagy felbontó képességű spektrográfot alkalmazunk, úgy 1 km/sec sebesség pontosan határozható meg. Ennél kisebb sebességek is mérhetők, de ezek pontatlanok. A Nap felületén lévő gázok a korong keleti oldalán kb. 2 km/sec. sebességgel közelednek hozzánk, a nyugati oldalon lévők ugyanennyivel távolodnak. Ha meggondoljuk, ez nem más, mint a Nap tengelyforgásának észlelése.

A csillagok forgását azonban ilyen módon sem lehet meghatároznunk. Óriási távolságuk miatt a csillag pontszerűnek látszik és korongjának átmérője jóval a távcső felbontóképessége alatt marad. Nem lehetséges tehát, külön észlelni a korong *egyik* vagy *másik* peremét. A spektroszkópba egyszerre fut be azoknak a gázrészeknek a fénye, amelyek tőlünk távolodnak és azoké, amelyek hozzánk közelednek. A közeledő részek színképvonalai, mint már említettük, az ibolya felé tolódnak el, a távolodóké pedig a vörös felé. Emellett a korong közepéről jövő színképvonalnak eltolódása nincs. Az esetleges eltolódás csak az egész csillag közeledésétől vagy távolodásától származik. Ez az eltérés azonban a korong minden egyes részéről kilépő sugarakon bekövetkezik. Így tehát a forgó csillagok színképvonalai szélesebbek lesznek, mint a laboratóriumban meghatározott vonalak. A szélesedésből a csillag forgási sebességére következtethetünk.

Az első mérések, melyek segítségével ezen az alapon akarták meghatározni a forgás sebességét, meglepő eredményre vezettek. Azt kapták, hogy a peremnek sebessége egyes csillagoknál a 300 km/sec-ot is meghaladja. Ami azt jelenti, hogy ezeknek a csillagoknak a tengelyforgási sebessége többszázszor gyorsabb, mint a Napé, tehát a forgás ideje többszázszor rövidebb. A Nap-forgás ideje kb. 25 nap, ezeknek a csillagoknak forgásidejük pedig kb. 6 óra volna. Nem csodálkozunk azon, ha ezt az interpretációt a csillagászok kezdetben kételkedéssel fogadták. A színképvonalaknak a rendellenes kiszélesedését nem a forgásban, hanem inkább a csillag belső szerkezetének valaminő más rendellenességében, magas hőmérséklet stb. keresték. Az elméleti vizsgálatok azonban semmi ilyen elgondolásnak — az effektus nagyságát tekintetbe véve — nem adtak létjogosultságot.

Mint már említettük, a forgó csillagokról nem tudunk olyan színképi vizsgálatokat végezni, melyekben csak a perem egyik részéről kilépő sugarakat vizsgálnánk. Más a helyzet azonban a kettős csillagoknál. Ezek egy részének speciális helyzete következtében az egyik csillag periódikusan elfedi a másikat. Mint ismeretes, ekkor az összfényességben változás áll be, és innen ezeket a csillagokat födési változóknak nevezik. Előfordul az is, hogy teljes fogyatkozás áll elő. Ilyenkor az eltakarandó csillagról közvetlenül a teljes fogyatkozás beállta előtt csak vékony sarló fénye jut el hozzánk. Ha a csillag forog, úgy ennek gázrészei közelednek, vagy távolodnak tőlünk. Színképvonalai tehát eltolódnak az ibolya, vagy vörös felé. A végeredmény az lesz, hogy a színképvonal erősen eltorzul. A torzulás alakjából kiszámítható a vékony sarló sebessége, és ebből az eltakarandó csillag forgása. Ilymódon sikerült a Beta Lyrae és az Algol és néhány szoros kettős csillag (W Ursae Majoris típusú kettőscsillag) és összetevőinek forgási sebességét meghatározni. Ezek között találtak olyant, melynek forgási sebessége megközelítette a Napnak 100-szorosát is.

A színképvonal kiszélesedésének előbbi értelmezése tehát helyes volt! Ennek a gondolatnak igen érdekes és világos megerősítését adta G. Sájn szovjet akadémikus. A Jupiter fényét egyetlen pontban gyüjtötte össze, amelyet a spektroszkóp résére vezetett rá. Ilymódon tehát ugyanazt a helyzetet tudta előállítani, mint a csillagok esetében. A spektroszkópban egyszerre lépett be a közeledő és a távolodó perem fénye. Valóban a színkép teljesen hasonló lett a forgó csillagokéhoz. A vonalak kiszélesedtek, elmosódtak, diffúzok lettek. Vizsgálatai tovább mentek, meghatározta a vonal alakját (kontúr) és minthogy a Jupiter forgásideje ismeretes volt, G. Sajn tisztán tapasztalati úton összefüggést talált a vonal alakja és a csillag forgási sebessége között. Kutatásait az elmélet teljes egészében igazolta. G. Sajn vizsgálatai nyomán tehát a színkép vonalak kontúrjából el lehetett dönteni, hogy a csillag forog-e, a színképvonal kiszélesedése tényleg forgástól származik-e, és meg lehetett határozni a forgás sebességét.

Meg kell azonban jegyeznünk, hogy a tengely irányára a vázolt színképelemzési eljárás nem ad felvilágosítást. A spektroszkópikus mérések a sebességnek csak a látóvonal irányába eső (radiális) összetevőjét adják meg. Ha tehát a csillag forgástengelye éppen a látóvonal irányába esik, akkor a sebesség minden pontjában merőleges a látóvonalra és így irányunkba eső elmozdulás nincs. A színképelemző tehát 0 sebességet mutat, noha a csillag forgómozgást végez. Tökéletes pontossággal adja meg a forgás sebességét abban az esetben, ha a tengely a látóvonalra merőleges.

Az utóbbi határeset valószínűsége azonban túlnyomó a forgástengely minden más lehetséges látszólagos helyzetéhez viszonyítva. Vagyis legnagyobb azoknak a csillagoknak a száma, amelyeknek forgástengelye a látóvonalra közelítőleg merőleges. Ez a körülmény annyiban fontos, hogy nagyszámú csillag forgási effektusának kiértékeléséből helyes statisztikai tulajdonságokat tudunk megállapítani.

Ma már többszáz csillagról sikerült kimutatni, hogy forog. Érdekes eredménye ezeknek a vizsgálatoknak az, hogy a forgás sebessége határozott menetet mutat a csillag színkép-típusával. Így legnagyobb sebessége az O-típusú (kékesfehér színű) csillagoknak van. Kisebb a B és az A típusúaknak (mindkét típussal a fehér színű csillagokat jelöljük). Ez az eredmény csupán statisztikai ugyan, de az előbbiek szerint szigorúan érvényes törvényszerűséget fejez ki. Vagyis mondhatjuk, hogy leggyorsabban forognak az O-típusú csillagok, lassabban a B és az A típusúak. Néhány korai F típusú csillagnak is elég nagy forgási sebessége van. Azonban az F5 típustól kezdve az effektus hirtelen elmarad. Ezeknek a csillagoknak forgása tehát lényegesen lassúbb, mint az előbbi típushoz tartozóké.

A fenti eredményeknek különösen kozmogóniai szempontból van nagy jelentőségük. A kozmogóniai elméletek általában felhasználják

a forgó csillagoknak fenti tulajdonságát. A jelenséget úgy magyarázzák, hogy a csillagok fejlődésük kezdeti fázisában O-típusúak és fejlődésük során, amelyeket az elméletek tisztán fizikailag értelmeznek, először B, később A, végül F-típusúak lesznek. Ha ezt a fejlődési menetet elfogadjuk, úgy rögtön következik, hogy a csillagok forgási sebessége a fejlődésük egy bizonyos fázisában (az F5 típusnál) hirtelen lecsökken. A kozmogóniai elméletek ezt a jelenséget a bolygórendszer kialakulásával hozzák kapcsolatba.

Feszenkov szovjet akadémikus a forgási sebesség lecsökkenésére azt az elméletet állította fel, hogy a bolygók leválása indul meg a csillagról a gyors forgás következtében. Ezek szerint a bolygórendszer kialakulása a csillagok fejlődésének egy természetes és szükségszerűen bekövetkező jelensége. A levált részek, melyekből később lesznek a bolygók, a forgási nyomaték egy-egy adagját ragadják ki a csillagból, mi által annak forgása lassúbbodni kezd.

Feszenkov elmélete azonban nem ad maradék nélküli magyarázatot a csillagok fejlődésére. Tökéletesebb Smidt szovjet akadémikus elmélete. Kozmogóniai munkáiban kifejti, hogy a bolygórendszer keletkezése nem áll kapcsolatban az O, B és A csillagok rendkívül gyors tengelyforgásával, illetőleg ennek, a csillag fejlődése következtében beálló, feltételezett lecsökkenésével. Smidt akadémikus ugyanis a bolygórendszer kialakulására a tapasztalattal igen jól (sokkal tökéletesebben, mint bármely más kozmogóniai elmélet) egyező elméletet dolgozott ki, melyből általánosságban az következik, hogy a bolygórendszer kialakulásakor a Nap forgásának meg kellett változnia. A részletes számítások azonban azt mutatják, hogy ez a körülmény éppen a Nap forgásának eredetére ad felvilágosítást.

Smidt kozmogóniai elmélete szerint a bolygórendszer azáltal jött létre, hogy a Nap egy hatalmas meteorfelhőn haladt keresztül. A meteorrészek a Nap felé kezdtek hullani, de csak egy bizonyos mennyiségű részük tudott ráhullani. A visszamaradó rész a Nap körül kezdett keringeni, belőlük alakult ki a bolygórendszer. A Napra hulló meteorok viszont átadva saját forgási nyomatékukat, létrehozták a tengelykörüli forgását. Az elmélet megadja a forgási sebesség nagyságát és a forgástengely irányát is.

Megemlítjük még a nyugati csillagászok közül *Alfvén* svéd csillagász kozmogóniai elméletét. A bolygórendszer kialakulását ő elektromágneses kölcsönhatásokkal magyarázza. E kölcsönhatások eredménye egyrészt az, hogy a csillagot körülvevő intersztelláris gázfelhőből kialakul a bolygórendszer, másrészt a csillag eredeti forgási sebessége lecsökken. Az elmélet nagy matematikai apparátussal van kidolgozva, azonban többek között egy hibája pl. az, hogy fel kell tételeznie azt, hogy a csillag forgási tengelye és a mágneses tengelye nem esik össze. Ez a feltevés ugyan elfogadhatónak látszik, ha csupán a Földet tekintjük. A Földnél a mágneses pólus és

a földrajzi (forgási) pólusok valóban nem esnek össze. Az összes elméleti vizsgálatok azonban azt mutatják, hogy egy hatalmas gázgömb, amilyennek egy csillagot kell elképzelnünk, ha egyáltalában mágneses, csak úgy foroghat, hogy forgástengelye pontosan összeesik a mágneses tengelyével. Alfvén vizsgálatai tehát ellentmondásban vannak ezekkel a megállapításokkal. A B- és A-típusú csillagok gyors forgása mellett más különös fizikai tulajdonságokkal is rendelkeznek. Igen soknak pl. rendkívül erős mágnesessége van. Olyan erős ez a mágnesesség, amelyeket laboratóriumban vagy egyáltalán nem, vagy csak igen nagy nehézségekkel tudunk előállítani. Egy másik érdekes tulajdonsága ezeknek a csillagoknak, hogy a felületén lévő gázok rendkívül heves, gyorsan ingadozó mozgást végeznek. Hasonlítható a gázok mozgása a levegő mozgásához vihar idején. Az ilyen állapotot a tudományban *turbulens* mozgásoknak nevezik. Érdekes, hogy a mágneses tér és a turbulencia a forgáshoz hasonlóan, színképelemzési módszerrel határozható meg. Ezekre a módszerekre itt nem térünk ki.

Önmagától kínálkozik az a hipotézis, hogy a forgás, a mágnesesség és a turbulencia között valaminő összefüggés van. Megerősíteni látszik ezt az elméletet az, hogy sem gyors forgást, sem mágneses teret, sem pedig len turbulenciát más csillagokon, mint az O-, B- és A-típusúakon nem észlelünk.

A forgó csillagok elméleti vizsgálataiban igen nagy jelentőségűek voltak *Zeipel* svéd csillagásznak megállapításai. Rámutatott arra, hogy a csillagok nem foroghatnak úgy, mint egy merev test. A csillag minden egyes rétegének forgási sebessége (szögsebessége) más és más kell legyen. Egy forgó csillagban tehát egymáson elsikló gázrétegek mozognak. Zeipelnek ez az elmélete nem alkalmas ugyan arra, hogy segítségével az egyes rétegek forgási sebességét meghatározhassuk, azonban mégis a megfigyeléseknek megfelelő elvet mond ki. A napfelület pontosabb észlelése ugyanis azt mutatja, hogy a forgás gyorsabb a Nap egyenlítőjének környékén, mint a sarkok mentén. Ha a Nap merev test módjára forogna, úgy a forgás szögsebessége mind a két helyen egyenlő volna. Érdekes, hogy hasonló forgási eloszlása van a Jupiter és a Szaturnusz légkörének is.

A csillagok forgására is valószínűleg fenn kell állni e tulajdonságoknak. Észlelés útján azonban az egyenlítő- és a póluskörnyéki sebességkülönbségeket nem tudjuk kimutatni, mivel magának a forgásnak effektusa is az észlelhetőség határán van. Az elmélet szerint a csillagokban a forgás mellett, ú. n. *meridionális* áramlatok is fellépnek. A felületén lévő gázok a csillag forgástengelye (pólusa) felől az egyenlítő felé áramlanak. A két félgömbön tehát az áramlás ellentétes irányú. Az egyenlítő mentén a gázok befelé, a forgástengely felé áramlanak. A forgástengely mentén viszont kettészakadnak. Egyik részük az északi pólus, a másik

a déli pólus felé tart. Itt zárulnak a felületén fellépő, már tárgyalt áramlásokkal.

Az elméleti vizsgálatok szerint e bonyodalmas áramlás következménye az lesz, hogy a csillagok légkörében és belsejében a gázok turbulens mozgást fognak végezni.

Összefoglalva tehát megállapíthatjuk, hogy a csillagok forgására ma már minden kétséget kizárólag tudunk következtetni, anélkül, hogy forgásukat legtöbb esetben közvetlenül meg tudtuk volna figyelni. A vizsgálatok nemcsak azt mutatták meg, hogy a csillagok forgási sebessége egy határozott menetet mutat a fejlődéssel, hanem éppen a szovjet tudósok munkája során megismerhetjük azt is, hogy a bolygórendszerek kialakulása szoros kapcsolatban van a csillagok forgásával.

Csada Imre

A TÖMEG-FÉNYESSÉG DIAGRAMM ÉS AZ EZZEL KAPCSOLATOS ÚJ SZOVJET EREDMÉNYEK

Ha egy ember külsejét jellemezni kívánjuk, rendszerint ugyanazokat a jellegzetes adatokat soroljuk fel: magasságát, testsúlyát, hajszínét stb. Mindezek az adatok egymástól nagyjából függetlenek, és jellemzik, leírják az illetőt. A fizikusok, mikor például egy gáz állapotát akarják lerögzíteni, szintén néhány jellegzetes adatát — nyomását, hőmérsékletét, sűrűségét — jegyzik fel: azonban ezek közt az adatok közt már fizikai törvények, összefüggések állnak fenn, és kettőből a harmadikat ki tudjuk számítani. Egy csillag — tulajdonképpen szintén hatalmas gázgömb — jellemzésére is sok ilyen jellegzetes állapothatározót választhatunk ki: tömegét, hőmérsékletét, fényességét, sűrűségét, sugarát stb., és ezek között tapasztalati vagy elméleti úton összefüggéseket állapíthatunk meg. Ezek különösen azért nagy jelentőségűek, mert fontos felvilágosításokat adnak a csillag vagy csillagcsoport esetleg közvetlenül nem mérhető adatairól, sőt általános tapasztalatokat szűrhetünk le belőlük a csillagok belső szerkezete, keletkezése és korára vonatkozóan is. A sok adat közt összefüggést állíthatnánk fel, azonban erre nincs szükség, mert az elméleti úton levezetett, fontos Vogt—Russell-féle tétel kimondja, hogy egy csillag tömege és kémiai összetétele (azaz, hogy az egyes elemek milyen százalékban fordulnak benne elő) megszabja teljes belső és külső szerkezetét, hőmérsékletét, fényességét, sugarát stb. E tételt ismerve elegendő mindössze azt megállapítani, hogyan, milyen mértékben függ például egy csillag sugara tömegétől és kémiai összetételétől. E célt elméleti és tapasztalati úton egyaránt meg lehet közelíteni, azonban a döntő mégis a tapasztalat, ezért először erről az oldalról próbálkozzunk.

Ha minden ismert állapotú csillagot elhelyeznénk egy térbeli derékszögű koordinátarendszerben tömege, fényessége, illetve sugara szerint, azt látnánk, hogy a csillagokat jelképező pontok nem összevissza, hanem egy határozott felületen helyezkednek el. E térbeli koordinátarendszer helyett — egyszerűség kedvéért — csak a tömeg-fényesség, tömeg-sugár, fényesség-sugár síkbeli összefüggéseket szokás vizsgálni, illetve ez utóbbit a színképosztály-fényesség (hőmérséklet-fényesség), ú. n. Hertzsprung—

Russell diagrammjával helyettesíthetjük. Ez utóbbi átalakítás azért lehetséges, mert egy egyszerű összefüggés segítségével a csillag sugarából hőmérsékletét, majd sugarából, hőmérsékletéből és tömegéből színképét könnyen meg tudjuk határozni — és azért hasznos, mert egy csillag színképe sokkal egyszerűbben mérhető, mint sugara.

A Hertzsprung—Russell (röviden HR) diagramm tehát ábrázolja a csillag fényességének függését színképosztályától. Ha a diagrammba berajzoljuk az ismert színképű és fényességű csillagokat, azt tapasztaljuk, hogy a pontok különböző ágak mentén helyezkednek el. Nagy többségük a bal felső sarokból kiinduló és jobbra lefelé haladó fő vagy törpe ág mentén helyezkedik el, vagyis ezeknél a csillagoknál későbbi színképosztályhoz, kisebb hőmérséklethez, kisebb fényesség tartozik. Más, csekélyebb részük, az ú. n. óriás csillagok, nem változtatják — viszonylag nagy — fényességüket a hőmérsékletváltozás szerint, vagyis az óriás ág, a főágból kiindulva közel vízszintesen halad. Még kevesebb csillag tartozik az óriás ág fölött, illetve alatt húzódó szuper- és szubóriás ágakhoz, vagy a nemrégiben Parenago által felfedezett, a főág alatt elhelyezkedő szubtörpe csillagok közé. Egész külön csoportot alkotnak a magas hőmérsékletű és kis fényességű, ú. n. fehér törpe csillagok a diagramm bal alsó sarkában. A H. R. diagrammnak ez a felosztása — mely Parenago vizsgálatainak alapját képezte — nincs ellentmondásban az Eggen által később egészen más, tapasztalati úton megfigyelt finom struktúrával, sőt annak legtöbb lényeges ágát tartalmazza. (Eggen eredményeit a Természet és Technika 1952 májusi számában ismertettük.)

Mindezek az ágak azt mutatják, hogy a fényesség függése a színképosztálytól nem egyértelmű. Ha csak egyetlen, döntő paraméter, a tömeg határozná meg egy csillag színét és fényességét, a H. R. diagrammban a csillagok mind egy vékony, egyenes főágon helyezkednének el, az összefüggés egyértelmű lenne. Mivel ez nem áll fenn, kell, hogy még egy paraméter, a kémiai összetétel gyakoroljon döntő hatást egy csillag jellemző tulajdonságaira. Valóban ez az, ami a Vogt—Russell tételből következik. Első eredményünk tehát, hogy a kémiai összetétel csillagról-csillagra változik és ennek szerepe nem hanyagolható el. Kérdés még, hogy milyen elemek jelenléte, illetve hiánya változtatja meg lényegesen a csillag tulajdonságait. Erre és még sok más, a csillagok szerkezetével és korával kapcsolatos kérdésre a másik két diagramm vizsgálatából, Parenago és Maszjevics szovjet csillagászok cikke nyomán (Asztronomicseszkij Zsurnal 1950) kaphatunk választ, előbb azonban részletesebben meg kell ismerkednünk a csillagok állapotjelzőivel és mérésük módjaival.

Állapotjelzők és meghatározásuk. Egy csillag külső, fizikai megjelenése leírható elsősorban tömegével, sugarával és abszolút fényességével, mely adatok mérésének egységéül szolgáljon a Nap — viszonylag könnyen mérhető — tömege, sugara és fényessége. Fényesség alatt mindig abszolút

(bolometrikus) fényességet értünk, tehát azt az összenergiát, melyet a csillag másodpercenként fény, hő stb. formájában kisugároz. Ezenkívül fontos adat a csillag effektív, ionizációs és színhőmérséklete, valamint az azzal szorosan összefüggő színképe, spektruma is. Az effektívhőmérséklet — azaz azon fekete (tökéletes) sugárzó test hőmérséklete, melynek sugárzása felületegységenként ugyanaz, mint a csillagé — szerepel az elméleti képletekben, míg az ionizációs és színhőmérséklet a csillag színképéből könnyebben nyerhető és tapasztalati vagy elméleti skálák felhasználásával effektív hőmérsékletté átszámolható.

A csillagok tömegének mérése alapvető és nehéz probléma. Tulajdonképen csak kisebb részük, a kettőscsillagok tömege mérhető kellő pontossággal. Távcsőben felbontható, ú. n. vizuális kettősöknél, ha egyiknek másikra viszonyított pályáját és távolságukat ismerjük, a két csillag tömegének összege Kepler törvénye szerint egyenesen arányos az ellipszispálya nagytengelyének köbével, és fordítva a keringési idő négyzetével. A távolság ismerete azért szükséges, hogy a nagytengelyt például kilométerekben ki tudjuk fejezni. Külön-külön a két tömeg csak akkor számolható, ha a mozgást a rendszer súlypontjára, vagy egy, nem a rendszerhez tartozó csillagra tudjuk vonatkoztatni. Mivel a távolság elég pontosan csak kevés kettősre mérhető, mindössze 38 pár esetében ismert mind a két csillag tömege. Statisztikus módszereket használva a távolságmeghatározásnál, Russell és Moore azonban 500 vizuális kettős tömegét dolgozta fel, és színképosztály szerinti csoportokra osztva őket, átlagos tömegeket adott meg. Ha a csillag kettősségére csak a színképvonalak szabályos ingadozásából, eltolódásából, esetleg megkettőződéséből tudunk következtetni, igen szoros, ú. n. színképi kettősökről beszélünk. A színképvonalak eltolódása ugyanis a Doppler-effektus értelmében látóvonal irányú távolodást, illetve közeledést jelent, ezért a színkép elárulja a keringő csillag sebességét (arányos a vonal eltolódásával) és a keringés periódusát is. Mindez azonban kevés a pálya ismeretéhez, nem tudjuk ugyanis, hogy a pálya síkja a látóvonalra merőleges síkkal (röviden az égbolttal) milyen szöget zár be. E szög, az inklináció (jele: i), általában ismeretlen, ezért az ilyen úton meghatározott tömegek még a $\sin^3 i$ kifejezéssel szorzódnak, így közvetlenül nem használhatók. Kivételt képeznek azok a csillagpárok, melyek amellett, hogy színképei kettősök, időről-időre el is fedik egymást. Mivel az ilyen fedési kettősök is nagyon közel vannak egymáshoz mi csak *egy* csillag fényességingadozásait észleljük a fedés alkalmával. Ez a tény azonban már önmagában biztosítja, hogy ez esetben a keringés pályája merőleges az «égboltra», az i közel 90°, tehát $\sin^3 i = 1$. A színképi úton megállapított tömegből ezáltal elesik az ismeretlen szorzó, így (a távolság ismerete nélkül is!) pontos tömegadatokat nyerhetünk. A többi színképi kettős tömegét pedig ismét átlagolni kell, a $\sin^3 i$ átlagát 0,679-nek véve, Russell és Moore 130 színképi kettős (36 fedési) tömegét közepelte ki színképosztályok szerint.

Az általános relativitáselméletnek az a tétele, mely szerint nagy tömegek közelében a színképvonalak a vörös felé eltolódnak — és ez az eltolódás arányos a tömeggel — nyujtja az egyetlen módot egyes, különálló csillagok tömegének mérésére. Trümpler ugyanis megmérte, hogy egy nyílthalmaz csillagainak színképében a vonalak mennyire tolódtak el: az így nyert eredményeket közepelte, és a Doppler-effektus alapján neki megfelelő sebességet tekintette az összes csillag radiális sebességének. Az egyes O típusú csillagoknál ettől az átlag eltolódástól mutatkozó eltérést pedig a csillagok nagy tömegének számlájára írta, és belőle tömeget számolt. Ilymódon igen nagy tömegeket kapott, melyek realitása meglehetősen kétséges. Ismereteink ezért elsősorban még mindig kettőscsillagok tömegmérésén alapulnak, azaz az ismert távolságú vizuális és a fedési és egyben színképi kettősökön, valamint a statisztikusan közepelt tömegértékeken.

Hasonlóan nehéz probléma a csillagok sugarának mérésére is, hiszen közvetlenül, távcsövön keresztül csak néhány óriáscsillag átmérőjét tudjuk mérni a Michelson-féle interferométer segítségével. Közvetett módot ad a sugarak mérésére egy összefüggés, mely szerint a csillag abszolút fényessége sugarának második, és effektív hőmérsékletének negyedik hatványával arányos, azonban a képlet használatához e két utóbbi mennyiséget kell ismernünk. Egy csillag abszolút fényességét pedig akkor tudjuk könnyen meghatározni, ha ismerjük távolságát. Ekkor ugyanis megmérjük látszó fényességét, és egy egyszerű képletet alkalmazva megkapjuk, hogy a csillag a valóságban, vizuálisan, milyen fényes. Az így nyert értékhez hozzáadva egy — elméleti és tapasztalati úton levezethető — ú. n. bolometrikus korrekciót, megkapjuk, hogy a csillag a szem számára nem látható színképtartományokat is beleértve, mennyi energiát sugároz ki, vagyis az abszolút (bolometrikus) fényességet.

Igen nehezen hozzáférhető adat viszont a csillagok hőmérséklete. Erről valami közelebbit csak színképe árul el, azonban az így nyert hőmérséklet értékéhez még tapasztalati skálát kell felállítanunk, hogy megkapjuk az effektív hőmérsékletet. A csillag hőfokára színéből is következtethetünk — akárcsak a kohászok az izzó vas színéből — vörös a leghidegebb, fehér és kék a legforróbb — de a tapasztalati korrekcióra itt is szükség van. Ezt a korrekciót olyan ismert színhőmérsékletű csillagok segítségével tudjuk megállapítani, melyek effektív hőmérséklete is meghatározható valamilyen más, közvetett úton. Ilyenek a Nap és a fedési kettősök, valamint azok az óriások, melyek átmérőjét interferométerrel mérték meg. Az utóbbi két csoportnál a sugár, abszolút fényesség és effektív hőmérséklet között fennálló, előbb említett összefüggést használják fel — a két első adat segítségével — a hőmérséklet meghatározására. Ezzel előállítható az a skála, melynek alapján egy csillag színhőmérsékletéből effektív hőmérsékletére következtetni tudunk. A csillagok színképeit — a nekik megfelelő hőmérséklet szerint, a vonalak erős-

sége alapján — szintén osztályozni szokták, eszerint beszélünk O, B, A, F, G, K, M típusú színképekről és csillagokról, a csökkenő felszíni hőmérséklet sorrendjében.

Összefoglalva, Kuiper szerint a következő csillagcsoportok adatai ismertek kielégítő pontossággal: *a)* vizuális kettősöknek, ha pályaelemeik és távolságuk ismert, tömegét, fényességét és a színképosztályból meghatározott effektív hőmérséklet segítségével sugarát ki tudjuk számítani; *b)* azok a színképi kettősök, melyek egyben fedésiek is, különösen jól használhatók, mert tömegük, fényességük, sőt sugaruk is (a fedés, illetve az általa okozott fényességcsökkenés időtartamából) közvetlenül mérhető, az effektív hőmérséklet pedig képlettel számolható; *c)* Trümpler O típusú csillagai, a bizonytalan tömeg miatt, csak fenntartással, közepelve használhatók fel.

A tömeg-fényesség összefüggés története és felhasználása a gyakorlatban. Az első tapasztalati diagrammot a csillagok tömege és fényessége között Hertzsprung állította fel 1919-ben. Azt tapasztalta, hogy a csillagok egy keskeny ág mentén helyezkednek el oly módon, hogy nagyobb tömeghez nagyobb fényesség tartozik. Ennek a görbének az egyenletét — mely szerint a fényesség a tömeg 10/3. hatványával arányos — Parenago találta meg 1936-ban. Kuiper 1938-ban hasonló eredményhez jutott, mindketten a fenntebb felsorolt, pontos tömeg és fényesség adattal rendelkező néhány csillagot használtak csak fel diagrammjukhoz. Ezzel egyidejűleg Russell és Moore más úton próbálkoztak, amikor tekintetbe vették azoknak a színképi kettősöknek közepelt adatait is, melyek különkülön nem voltak ismertek, és ilymódon több, de pontatlanabb adatra támaszkodva — szintén hasonló eredményre jutottak (a tömeg a 3,816. hatványon szerepel). Mindezek a képletek kb. 1/2-től 40 naptömegig, illetve + 10től-8 abszolút magnitudóig érvényesek.

A tömeg-fényesség összefüggés levezetése azonban nem öncélúan, hanem gyakorlati szükségszerűségből kiindulva történt. Első célja a csillagászatban nagy szerepet játszó távolságmeghatározás egy új módjának, a dinamikus parallaxis meghatározásának lehetővé tétele volt. Az eljárás a következő: feltételezzük, hogy egy adott vizuális kettőscsillag tömege két naptömeggel egyenlő, ekkor ismerve a keringési időt és hogy a pálya nagytengelye milyen nagynak látszik, Kepler törvényéből kapunk egy távolságbecslést. A távolság és látszó fényesség segítségével kiszámíthatjuk a kettőscsillag abszolút fényességét, majd a tömeg-fényesség diagrammból tömegét is. Ezen új tömegbecsléssel — mely jobb az előzőnél — tovább folytatjuk az eljárást, miközben egyre jobb és jobb távolság-fényesség- és tömegbecsléseket kapunk. Másik fontos alkalmazási területe a csillagok kémiai összetételének csaknem egyetlen meghatározási módja. A kémiai összetétel ugyanis csillagról-csillagra változik, ez következik például abból, hogy azonos tömegű csillagok sugarai eltérőek lehetnek, márpedig a

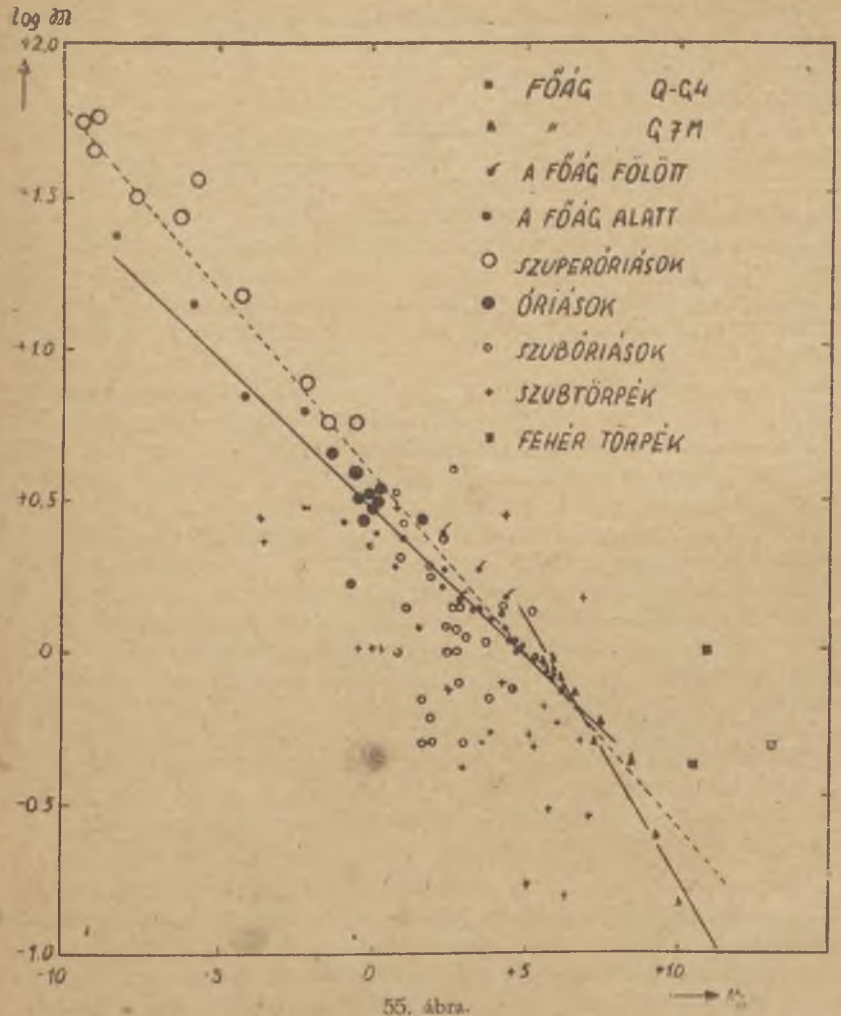
Vogt—Russel-tétel szerint egy csillag sugara — azonos tömegek mellett — csak kémiai összetételétől függ. Egy csillag légkörének összetételére színképéből következtethetünk, azonban valószínű, hogy a nehéz elemek a csillag belsejében gyakoribbak, ezért további vizsgálatokra van szükség. Erre Eddington elméletileg levezethető relációja adott módot, mely szerint egy csillag fényessége függ sugarától, tömegétől, a csillaganyag sugárzásátbocsátó (abszorbeáló) képességétől és közepes molekulasúlyától. Strőmgren és Eddington ismert tömegű, sugarú, fényességű csillagokat választott ki és valószínű feltevéseket tett sugárzásátbocsátó képességükre vonatkozóan, ezzel a képletből meghatározta a közepes molekulasúlyt. Ez utóbbit — az ilyen magas hőmérsékleteken létrejövő erős ionizáció miatt — lényegesen már csak a hidrogén, hélium és a nehéz elemek aránya befolyásolja, ezért, ha először feltesszük, hogy a csillagok héliumtartama elenyésző, becslést kaphatunk hidrogéntartalmukra vonatkozóan. A Napra két eredmény adódott, melyek szerint a hidrogén vagy 33, vagy 99,5%-a az egész tömegnek, de ez utóbbi adat csak elméleti, mivel erősen eltér a Nap légkörében talált hidrogéntartalomtól. Hasonló, 30—40% adódott a Sziriuszra és Kapellára is, azonban az óriáscsillagoknál már nagy eltérések mutatkoztak. Berajzolva az egyenlő hidrogéntartam görbéit a HR diagrammba, azt találjuk, hogy az általában nagy térfogatú (sugarú) csillagok kevés hidrogént tartalmaznak. A hidrogéntartam és általában a kémiai összetétel változása magyarázza különben a diagramm finom szerkezetét, a különböző ágak fellépését. Lehet, hogy az egyes nyílthalmazok eltérő HR diagrammjai is azzal magyarázhatók, hogy csillagaik hidrogéntartalma különböző — ami viszont szoros kapcsolatban áll e csillagok korával. A fiatal csillagokban ugyanis több a «fűtőanyagként» szereplő hidrogén, mint az öregekben. Eddig elhanyagoltuk a csillagok héliumtartamát. Valószínű, hogy ez nem csekély — a Napban elméleti meggondolások szerint kb. tízszer annyi hélium van, mint nehéz elem — de tekintetbevétele igen bonyolult, és különben sem befolyásolná lényegesen az eddig elmondottakat.

Parenago és Maszjevics eredményei a tapasztalati tömeg-fényesség diagrammal kapcsolatban. Mint az eddigiekből láthatjuk, a tömeg-fényesség összefüggést sokáig egységesnek, valamennyi csillagra érvényesnek tekintették a csillagászok, vagyis abból indultak ki, hogy minden csillag behelyezhető a tömeg-fényesség diagrammon egyetlen vékony, fonálszerű ágba, melynek vastagságát, szórását csak a mért adatok pontatlansága okozza. Egyetlen egyenlettel akarták megadni tehát, hogy hogyan függ egy csillag fényessége tömegétől, elhanyagolva ezáltal a másik paramétert, a kémiai összetétel hatását. A burzsoá ideológiának azért volt erre szüksége, hogy ezzel az *egységes* összefüggéssel támassza alá a csillagok egyidejű keletkezésének (sőt teremtésének!) reakciós elméletét. Azonban már régtől fogva ismert, hogy a tömeg-fényesség diagrammon nem minden

csillag esik a főágra, így máshova esnek a fehér törpék, a Hyadok hat vizuális kettőse stb. Nagy eltérések mutatkoztak néhány színképi kettősnél, az AH Virginisnél a különbség például több mint két magnitudó. Sok Algol típusú fedési kettős sokezerszer fényesebb, mint az egységes összefüggés szerint kellene, sőt a HD 698 jelzésű csillagnál hét magnitudó az eltérés. Egyes nyugati csillagászok a közeli kettősöknél árapályerők hatására fellépő deformációkkal próbálták megmagyarázni a kiugrásokat, azonban eredménytelenül, mert Parenago és Maszjevics 1950-ben megjelent munkái végleg bebizonyították egy egységes tömeg-fényesség összefüggés tarthatatlanságát. Az utóbbi években ugyanis halmozódni kezdtek az adatok, melyek szerint a HR diagramm nemrég felfedezett ágain elhelyezkedő szubóriások, szubtörpék az eddig ismert tömeg-fényesség összefüggésnek nem felelnek meg. Ez a fehér törpékre már régóta tudott dolog volt, de a csillagok belsejében a nagy sűrűség miatt a gázok különleges, elfajult állapotban vannak, ezért különleges viselkedésük érthető, ami viszont a szubóriásokra már egyáltalán nem vonatkozik. Ma már — sok szovjet kutató eredményei alapján — mindenkinek el kell ismernie, hogy azoknak a csillagoknak, amelyek a HR diagrammban különleges helyzetet foglalnak el, térbeli eloszlásuk és sebességük, sőt keletkezésük és koruk is jellegzetesen különböző. Ezért nagyon valószínű, hogy azok a csillagok, melyek a HR diagramm különböző ágain fekszenek, különböző összefüggést mutatnak tömeg és fényesség, sugár, illetve kémiai összetétel között.

A szovjet kutatók ezért tapasztalati és elméleti úton egyaránt felülvizsgálták a csillagok keletkezése és felosztása szempontjából is igen fontos tömeg-fényesség-sugár összefüggést, felhasználva munkájukban a legtöbb és legpontosabb adatot, mely rendelkezésükre állott. Parenago és Maszjevics összegyüjtötték és felülvizsgálták az összes tömeg-adatokat. Ujra számolták a vizuális kettősök tömegét és csak a biztosakat vették tekintetbe, hozzávéve 63 fedési kettőst és 11 olyan kettőscsillagot, melynél — miután a tömegösszeg ismert volt — az egyik csillagnak a HR diagrammbeli helyzetének megfelelő tömeget tulajdonították. Használtak ezenkívül a színképi kettősök alapján készült megbízható átlagokat, színképosztályok szerint közepelve. A HR diagrammbeli helyzetük szerint összesítve a feldolgozott csillagokat, közülük 144 a főágon, 21 kicsivel a főág fölött, 7 kicsit alatta helyezkedik el. 3 fehér törpe, 25 szubtörpe, 26 szubóriás, 10 szuperóriás, 6 pedig óriás típusú. Ezenkívül 6 közepet vett tekintetbe az óriásokra, így végül 242 csillag és 6 átlag került be az összefüggésbe. A főág csillagait azonban színképosztály szerint még 32 — pontosság szerint súlyozott — csoportra bontotta és ezek átlagértékeit vette számításba.

Parenago és Maszjevics felmérve ezeket az átlagokat és a külön csillag fényességeket és tömegeket egy logaritmikus skálát használó derékszögű koordinátarendszerben, az 55. ábrán közölt diagrammot

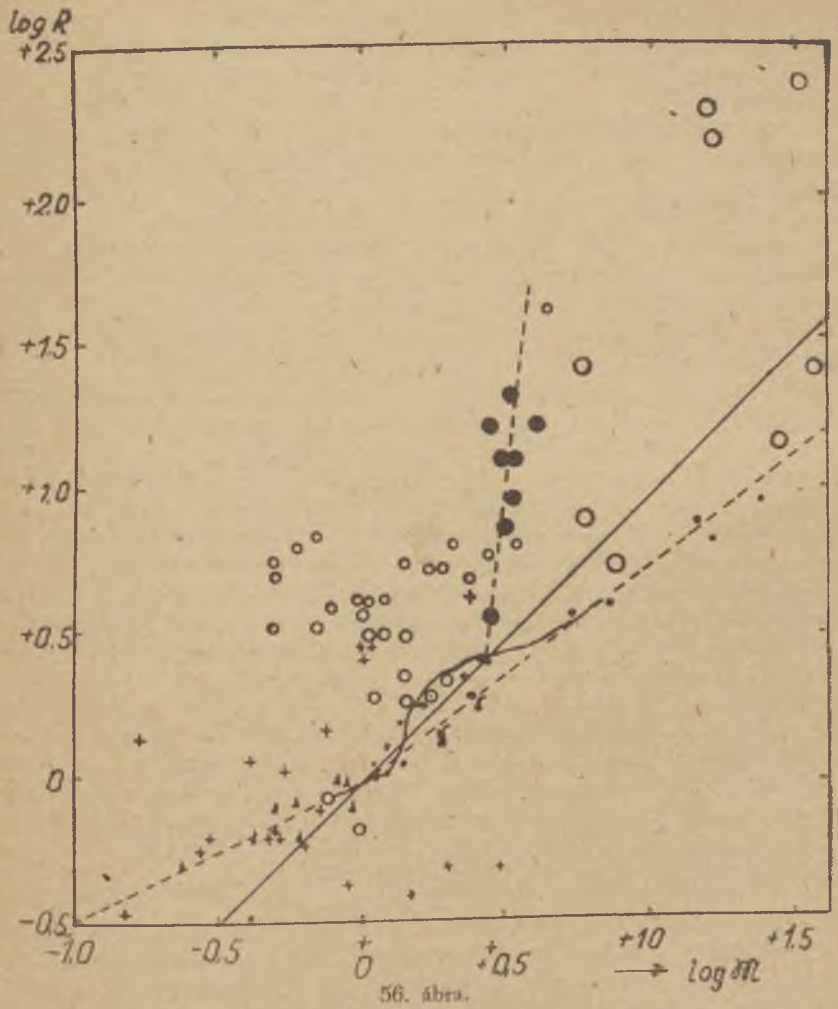


55. ábra.

nyerték. A különböző ágakhoz tartozó csillagok a diagrammon különböző jelzéssel szerepelnek. Rátekintve az ábrára, első és legfontosabb következtetésként azonnal adódik, hogy egységes, az összes ágakra érvényes tömeg-fényesség összefüggés nincs. Ez természetes is. A különböző ágak csillagai a Tejútrendszerben, a valóságban alrendszereket alkotnak, és eredetük és koruk is különböző. Ugyanerre az eredményre vezettek Parenago nemrég befejezett vizsgálatai, melyek a HR diagramm csillagainak térbeli eloszlására és mozgási sajátosságaira vonatkoztak, és kétség-

telenül bebizonyították, hogy több ág csillagai közt nem lehet genetikus kapcsolat. Bár a csillagok ágakba sorolása ebben a munkában, a HR diagramm alapján történt, mégis figyelembe vették a tárgyalt csillagcsoport térbeli és mozgásbeli különlegességeit is — éppen az előbb említett kutatásokra támaszkodva. Ezáltal — a tömeg-fényesség diagramm vizsgálata során először — szoros kapcsolatba került a csillagok belső szerkezetével foglalkozó asztrofizika, a mozgásukat tanulmányozó stellárdinamikával. Ez egy egészen új iránya az égitestek és az általuk alkotott csoportok és alrendszerek felépítésével és fejlődésével foglalkozó tudománynak, melyet először szovjet kutatók indítottak meg és fektettek széles, tudományos alapra. A nyugati tudósok többsége még mindig ragaszkodik a csillagok egyidejű keletkezésének, és az egységes tömeg-fényesség diagrammnak elavult elméletéhez, pedig Parenago és Maszjevics ezen eredményei ragyogóan egyeznek Ambarcumján tapasztalati megállapításával, hogy a csillagok folyamatosan — még napjainkban is — O és T társulásokban keletkeznek. Nyilvánvaló ugyanis, hogy különböző korú és eredetű csillagok egységes összefüggést tömeg és fényesség közt aligha mutathatnak. A második következtetés ebből az ábrából a főág csillagaira vonatkozik. Ezekre sem áll fenn ugyanis egységes tömeg-fényesség összefüggés, hiszen a diagrammon szemmel láthatóan más egyenes mentén helyezkednek el az O-tól G4 színképű csillagok, mint G7—M típusúak. Az ábrán két folytonos vonal jelzi a két valóban létező, és szaggatott az egységesnek vélt ágat. A főágnak ehhez hasonló két részre válását először Parenago ismerte fel a csillagok térbeli mozgásával foglalkozó tanulmányában. Több más tény is igazolja ennek a kettéoszlásnak a realitását, azért ebben sincs miért kételkednünk. Végül még észrevehetjük, hogy szemben az óriás és szuperóriás ágakkal, a szubóriások és szubtörpék messze eltérnek az eddig ismert «egységes» összefüggéstől, de hogy reájuk milyen törvényszerűség érvényes, az ebből a diagrammból nem ismerhető fel.

Keveset változik a helyzet, ha a tömeg és fényesség helyett a tömeg és sugár diagrammját készítjük el (56. ábra). A tömörség kedvéért szintén logaritmikus formában, s a jelölések ugyanazok. Az ágak itt is szétválnak, nem engedelmeskednek egységes összefüggésnek, de az egyes ágakra vonatkozó képletek külön-külön itt sem olvashatók le. Ezért Parenago és Maszjevics több más diagrammot készítettek a tömeg (jele : M) fényesség (jele : L) és sugár (jele : R) különböző függvényei között azzal a céllal, hogy olyan diagrammot találjanak, melyben a különböző ágakhoz tartozó csillagok tisztán szétválnak, és határozott összefüggéseket mutatnak. A két legjobb diagramm ebből a szempontból az volt, mely M/R és L/M^6, illetve $L.R^{3,5}/M^{6,5}$ és M/R^3 logaritmusai közt ad meg összefüggést. Mindezeken a diagrammokon — akárcsak az elsőn — az ágak szétváltak és a főág is két részre bomlott. Nézzük meg ezután a két utolsó diagrammból leszűrt, képletben is kifejezhető eredményeket. Általánosságban minden



56. ábra.

ág egyenletét a határozatlan $L = 10^x . M^y . R^z$ alakban írhatjuk, ahol x a közepes molekulasúlytól függ, és x y z meghatározása a célunk a meglévő adatok segítségével. Ha y-t vagy z-t nullának választjuk, kapjuk a speciális tömeg-fényesség, illetve sugár-fényesség összefüggéseket, melyek síkbeli diagrammokkal ábrázolhatók. A fehér törpék és főág felettiek hiányoznak, mert az adatok pontatlanok. Összefoglalva: a táblázat adatait az $L = 10^x . M^y . R^z$ képletbe helyettesítve, megkapjuk az egyes ágak tapasztalati egyenleteit az általános, illetve (második és harmadik sor) a speciális síkbeli koordinátarendszerben.

		x	y	z	S
Főág O—G4.	19 átlag, 104 csillag	−0,05	+1,98	−2,64	0,56
		+0,05	+3,92	—	0,69
		+0,10	—	+5,19	0,71
Főág G7—M	23 átlag, 40 csillag	−0,37	+1,79	+1,06	0,36
		−0,39	+2,29	—	0,71
		−0,37	—	+4,49	0,51
Szubtörpék	25 csillag	+0,79	+1,64	+2,52	1,12
		+0,71	+2,13	—	2,50
		+0,64	—	+2,84	1,83
Szubóriások	26 csillag	−0,35	+0,33	+2,06	0,49
		+0,87	+0,36	—	1,14
		−0,33	—	+2,06	0,52
Óriás	9 átlag	+0,44	+0,99	+0,83	0,20
		+0,12	+3,38	—	0,52
		+0,78	—	+0,99	0,23
Szuperóriás	10 csillag	−0,13	+2,79	+0,28	0,75
		−0,15	+3,18	—	0,94
		+2,18	—	+1,08	2,58

A nyert adatok hibáját a táblázat utolsó, S jelzésű rovatában közöltük. Ez a hiba a képletből nyert, magnitudóban kifejezett fényesség eltérése a valóságostól, ha a képletbe a megfelelő x y z értékeket helyettesítjük. Ez a hiba azonban — a tömeg, fényesség, sugár pontatlan mérhetősége miatt csak felső becslés, a hiba maga kisebb, de mivel még az így nyert S érték is a legtöbb esetben kicsi, mondhatjuk, hogy az eredmények, a valóságot jól tükrözik.

A táblázatból leszűrhető néhány következtetés: *a)* a főág két részének egyenletei lényegesen különbözőek. Mivel Napunk az első csoportba tartozik, felépítése nagy vonalakban megegyezik pl. egy A típusú csillagéval. *b)* A szubóriásoknál a fényesség közel a felülettel arányos. *c)* Az óriások tömege nagyjából állandó (3 naptömeg). *d)* A szuperóriások különböznek mindkét előbbi csoporttól, valóban külön ágat alkotnak.

A tapasztalati összefüggések elméleti magyarázata. A főág első részén, O8-tól G4-ig a csillag fényessége tömegének 3,9, sugara 0.75 hatványával arányos — a képlet szerint. Mivel ez jól megfelel a tapasztalatnak, kell, hogy ezen a csoporton belül az átlagos molekulasúly ne változzék, vagyis vagy konstans, vagy a tömeg állandó függvénye legyen. Függését a tömegtől elméleti úton, állapotegyenletekből levezethetjük és az eredmény az, hogy az átlagos molekulasúly konstans nem lehet, mert ennek fizikai értelme nincs, tehát az O—G4 főágbeli csillagoknál égitestről-égitestre, mind a tömeg állandó függvénye változik. E függvény pontos formáját nem ismerjük, mivel a csillaganyag sugárzásátbocsátó képessége ismeretlen, de különböző csillagmodelleket véve fel, vizsgálhatjuk a függés formáját. Az e csillagokra legmegfelelőbb Schwarzschild-féle modell szerint az összefüggés olyan, hogy a tömeg csökkenésével az átlagos molekulasúly

nő, vagyis a hidrogéntartam a fiatalabb színképosztályoknál a nagyobb. Ha feltesszük — aminthogy majdnem biztos — hogy a csillag energiáját olyan atommagreakciókból nyerik, melyek során hidrogén alakul át héliummá, természetes a következtetés, hogy idősebb csillagok kevesebb hidrogént tartalmaznak, vagyis az O—G4 típusú csillagok közül a későbbi színképosztályhoz tartozó, a halványabb egyben az öregebb is. E szerint tehát ezeknek a csillagoknak azért van különböző hidrogéntartamuk, mert fejlődésük különböző állapotában vannak. Az ilymódon nyert fejlődési idők igen elfogadhatóak, ami az elméletet erősen alátámasztja. A korai színképtípusú csillagok magas hidrogéntartama különben színképelemzéssel is kimutatható volt, így ez újabb erős bizonyíték arra, hogy a forró, fehér óriások viszonylag fiatalok.

A főág második részén, G8—M6-ig az $L = O, 41 . M^{2,3}$ és $R = M^{0,5}$ összefüggések érvényesek. Itt nagyon valószínű, hogy az átlagos molekulasúly nem változik, és az eltéréseket más, belső szerkezetbeli okok idézik elő. Az óriás és szuperóriás csillagok tapasztalati összefüggései bizonytalanabbak. Lehet, hogy az átlagos molekulasúly konstans, de lehet, hogy más a belső szerkezetük, vagy az energiájukat termelő atommagreakció. Végül a szubóriás és szubtörpe csillagok helyzete ismét különleges, mivel számukra egyszeri síkbeli tömeg fényesség, vagy sugár tömeg összefüggés nem írható fel, csak egy 3-dimenziós tömeg-fényesség-sugár képlet. Lehet, hogy a szubtörpék nagyon öreg, a szubóriások viszont nagyon fiatal csillagok, de biztosat mondani ezekről az újonnan felfedezett ágakról még nem tudunk.

*

Összefoglalva: elméleti szempontból egy — az összes csillagokra érvényes tömeg-fényesség-sugár összefüggés hiánya azt jelenti, hogy valamennyi alrendszerrel külön-külön kell belső szerkezet szempontjából is foglalkozni, mert nincs olyan csillagmodell, mely valamennyi típusra ráhúzható volna. Nincs általános csillagmodell, nem egységes a tömeg-fényesség-összefüggés, és nem egyszerre keletkeztek a csillagok — ez az a három egymáshoz kapcsolódó fontos eredmény, melyet az élenjáró szovjet csillagászok a tapasztalatokból leszűrtek.

A továbbiak szempontjából nagyjelentőségű a nyílthalmazok csillagainak vizsgálata, mert nem kétséges, hogy ezek közös eredetűek és jelenlegi állapotuk nem hosszú fejlődés eredménye, vagyis koruk csekély. Kimerítő vizsgálatuk választ adott a csillagfejlődés irányának és a HR diagramm főág szórása okának kérdésére, ha ezentúl nem külön-külön, hanem HR diagrammjaikat összehasonlítva, a fejlődés szempontjából vizsgáljuk azokat. Nem kétséges, hogy a szovjet csillagászok tovább haladnak a megkezdett úton, újabb nagyszerű eredményekkel segítve elő a csillagászat fejlődését.

Almár Iván

KÖNYVISMERTETÉS

Abhandlungen aus der sowjetischen Astronomie

Folge I.

(Verlag Kultur und Fortschritt. Berlin, 1951. 141. old.)

A szóbanforgó kötetet a Német-Szovjet Barátság Társasága adta ki, mint a «Sowjetwissenschaft» hatodik pótfüzetét. Szerkesztette Otto Singer, a fordítások F. Bartelstől valók.

A gyüjteményes kötet 11 szovjet tudományos cikk fordítását tartalmazza. Egyrészük a csillagtársulásokról szól, másik részük az üstökös-kutatás körébe vágó szovjet vizsgálatok eredményeit, pontosabban azok egyes eredményeit ismerteti. Az ilyen természetű kiadványok, melyeknek a feladata lehetőleg méltón tolmácsolni a szovjet tudomány eredményeit, céljukat két úton érhetik el. Vagy egy kiválasztott témakört lehetőleg részletesen bemutatnak, vagy átfogó jelentőségű, alapvető, de nem egytémájú cikkek sorozatán keresztül igyekeznek a szovjet tudomány «profilját» megmutatni. Mindenesetre megállapíthatjuk, hogy ez a kötet — egy sorozatnak csak első kötete — az előbb említett két lehetőség közül az elsőt választotta, két témakör kiragadásával igyekezett érzékeltetni a szovjet tudomány aktuális problémáit.

Az első témakörhöz hat értekezés tartozik, valamennyi a csillagtársulások és a velük kapcsolatos témák köréből. Az első közülük azonban, V. A. Ambarcumjánnak «*A csillagok fejlődése és az asztrofizika*» című nevezetes referátuma (eredetileg az Örmény SzSzK Tudományos Akadémiájának kiadásában, 1947-ben jelent meg) nemcsak a csillagtársulásokra vonatkozó kérdéseket tárgyalja, hanem bemutatja a bjurakáni obszervatórium empirikus kozmogóniai iskolájának egész munkásságát és kutatási módszereit. Ez a 23 oldal terjedelmű referátum az utóbbi évtizedek csillagászati fejlődésének kétségkívül egyik legjelentősebb dokumentuma. Az aránylag nehezen hozzáférhető kiadványnak ebbe a kötetbe való felvétele komoly nyereség a csillagászati irodalom számára. A tömör, rendkívül magvas és gazdag cikk, vagy inkább miniatür monográfia, valamennyi kérdést tárgyal, amelyet a kozmogónia kérdései közül empirikus úton célszerűbb megközelíteni. Igen meggyőző és plauzibilis, mégis meglepően újszerű következtetésekkel vitatja meg az egyes

csillagok, a kettős rendszerek, a csillaghalmazok kozmogóniájának néhány fontos kérdését, azután rátér a csillagtársulások (az irodalomban talán először történő) tárgyalására, majd egy nagyon érdekes genetikus összefüggés lehetőségére mutat rá a forró szuperóriások és a vörös óriások között. Az áttekintést a nóvák, a szupernóvák és a planetárikus ködök, valamint a «klasszikus» Cepheida-csillagok fejlődésének egyes kiragadott kérdései zárják le. Különösen figyelemre méltó a tárgyalás, illetve a kutatások itt bemutatott *módszere*. Ambarcumján következetesen alkalmazza azt az igen fontos, kulcsszerű elvet, hogy a csillagok életkora a Tejútrendszer relaxációs idejéhez képest kicsiny lévén, az egyes, egymással genetikus kapcsolatban levő csillagfajták megtalálása, az összefüggés létezése és hasonló kérdések a csillagok mozgásviszonyainak kikutatása útján igen jól megközelíthetők.

A leíró jellegű, matematikai apparátust sehol sem alkalmazó cikk végére függelékképpen két levezetést illesztett szerzője. Az elsőben a disszociációs formulából levezeti azt, hogy a kettős csillagok keletkezése háromszoros találkozással, tehát kaptáció során fölöttébb valószínűtlen. A másik függelékben azt mutatja ki, hogy az elliptikus galaktikák nagy felületi fényességéből következik az, hogy az abszorbeáló anyag belőlük gyakorlatilag hiányzik.

A következő értekezés ugyancsak Ambarcumjánnak egy cikke: «*A csillagtársulások*» (Asztronomicseszkij Zsurnal, 26. kötet 3—9. old). Ebben az értekezésben foglalja össze Ambarcumján az asszociációkról az 1948-as év végéig megállapított tényeket, egyszerű számítással kimutatja ezeknek instabilis voltát a Tejútrendszer gravitációs erőterében és a bennük levő csillagok fiatal korát.

A következő két cikk mintegy illusztrálásként szolgál ehhez az értekezéshez. Az első V. A. Ambarcumjánnak és B. J. Markarjánnak közös cikke a P Cygni körüli csillagtársulásról (A Bjurakáni Csillagvizsgáló Kiadványai, 2. szám, 1949.), a második Markarjánnak a cikke az NGC 2244 körül elterülő csillagtársulásról. (Az Örmény SzSzK Akadémiájának Értesítője, XI. kötet, 1950.). Ebből a két cikkből világosan látjuk Ambarcumjánnak és munkatársainak munkamódszerét a csillagtársulások felismerésénél, távolságuk, méreteik, népességi és egyéb tulajdonságaik tárgyalásánál. Kiemelkedő szerepet játszik a távolságok meghatározásánál és ezzel kapcsolatban az egyes asszociációk létének felismerésénél a fotoelektromos színexcesszusokból nyert távolsági modulusok összehasonlítása, jórészt Stebbins, Huffer és Whitford katalógusának adatai alapján. A P Cygni társulásáról szóló cikkben szerepel a trapéz-típusú többszörös rendszerek természetének egy rövid diszkussziója, beleértve a különböző típusok élettartamának megbecslését is.

Ennek a sorozatnak befejező két cikke G. A. Gurzadjánnak az O-típusú csillagok fejlődéséről, valamint P. N. Holopovnak a T-társulásokról írott érdekes összefoglalása, ezeket azonban a Természet és

Technika című folyóirat «Szemle» rovatában már ismertette (az 1952 áprilisi, ill. augusztusi számban).

A csillagtársulásokról, általában az empirikus kozmogónia szovjet iskolájának működéséről jó 75 oldal, a könyvnek több mint fele szól. Az itt szereplő cikkek gondos ökonómiával, igen szerencsés kézzel vannak kiválasztva és együttvéve az érdeklődők számára *teljes felvilágosítást nyujtanak ennek a kérdéskörnek problémáiról és az itt elért szép sikerekről.*

A kiadvány második fele az üstököskutatás néhány eredményéről szól. Vitatható már az is, hogy a szovjet tudomány gazdag eredményeiből miért éppen ezt a tárgykört ragadta ki a szerkesztő. Jobban kifogásolható azonban az, hogy ezek a cikkek nem adják teljes képét a Szovjetunióban folyó idevágó kutatásoknak, legfeljebb ízelítőt adhatnak számukra ezek a némileg szerteágazó témájú és részben csak részletproblémákat tárgyaló cikkek. A kutatások sokoldalúságát mindenesetre érzékeltetik az olvasóval, és azt is, hogy milyen sokan foglalkoznak az üstökösökkel, tehát ezt a kérdést milyen jelentősnek tartják a Szovjetunióban.

Valamiféle kapcsolatot a cikkek között az a körülmény teremt, hogy mindegyikük az üstökösök szerkezetében végbemenő változások elméleti vagy leíró vizsgálatával foglalkozik. Ez az üstökösök körében a legtermészetesebb, egyben legfontosabb probléma, hiszen az üstökösök olyan objektumok, amelyek szerkezetében igen rövid idő alatt, néhány emberöltő alatt vagy esetleg még sokkal hamarabb is bekövetkezhetnek jelentős változások és az üstökösök ilyen változásai a közvetlen megfigyelés számára is hozzáférhetők.

Ennek a sorozatnak első cikke, S. K. Vszehszvjatszkij cikke (Asztronomicseszkij Zsurnal 25. kötet, 337—342. old.) az 1880 és 1900 között megjelent üstökösök látszó és abszolút fényességére vonatkozó rendkívül töredékes adatokat gyűjti össze és dolgozza fel. Ennek a cikknek különleges érdekessége, hogy az első pillantásra szinte «a semmiből» veszi az adatokat szerzője. A fő nehézség ugyanis az, hogy a mondott időközben megjelent üstökösök fényességére való becslések csaknem teljesen hiányoznak és utólag kell megállapítani a pozícióméréseknél szereplő csupa másodrendű tényező, a műszer mérete és természete, a Hold állása és fázisa, az üstökös horizontfölötti magassága, az esti vagy hajnali szürkület esetleges fellépte stb. tekintetbevételével, hogy milyen fényességű *lehetett* az üstökös. Az adatok ijesztően bizonytalannak látszó volta ellenére, a végső konklúzióként megállapított fényességek a 41 üstökösről meglepően kis szórást mutatnak és így alkalmasak két fontos kérdésnek újra való megvizsgálására: 1. Hogyan változik az üstökös fényessége a Naptól való távolsággal? 2. Megfigyelhető-e a rövidperiódusú üstökösöknél szekuláris fényességcsökkenés? Az első kérdésre vonatkozóan Vszehszvjatszkij leszögezi, hogy a formulában a naptávolság — 4-ik hatványa szerepel, megcáfolja Bobrownikownak a Perkins Observatory kiadványaiban megjelent véleményét, hogy a kérdéses kitevő —3. Sőt

kimutatja, hogy kellő kritikával kezelve az adatokat, Bobrownikownak táblázataiból is —4 adódik. A második kérdést illetően Vszehszvjatszkij eredményei újból megerősítették, hogy ilyen fényességcsökkenés valóban van, sőt tempója sokkal gyorsabb, mint régebben gondolták, amennyiben kiderült, hogy ezeknek az üstökösöknek összfényességét következetesen két-három magnitudóval alábecsülték.

Hasonló problémát vizsgál B. J. Levin cikke az üstökösök fényességének a Naptól mért távolsággal való változásáról. (Asztronomicseszkij Zsurnal, 25. kötet, 246—255. old.). Levin ezt a kérdést elméleti úton közelíti meg, az üstökös magjában végbemenő fizikai folyamatok vizsgálatával és ugyanolyan összefüggéshez jut, mint Vszehszvjatszkij empirikusan.

A. D. Dubjagótól két cikk szerepel a kötetben. Az egyik a periódikus üstökösök mozgásában mutatkozó szekuláris gyorsulást tárgyalja, az Encke, a Biela, a Brooks, a Winnecke és a Wolf-üstökösre vonatkozó adatok újrafeldolgozásával. (Asztronomicseszkij Zsurnal 25. kötet, 361—368. old.). Dubjago megállapítja, hogy a talált gyorsulások megmagyarázására nincs kielégítő elmélet, a legkevésbbé valószínűtlen talán még Bessel régi hipotézise, ami szerint ezek a rendellenességek az üstökös magból kilövelt tömegek mechanikai visszahatásának eredményeképpen jönnének létre. Ez a hipotézis csak akkor lehet helyes, ha szilárd részecskék kidobásáról van szó, ebben az esetben némi megegyezés mutatkozik Bregyihin elméletével az abnormis üstököscsóvák szerepéről. Dubjago másik cikke az üstökösök magjának szerkezetéről és a meteoráramok keletkezéséről szól. Ennek a cikknek néhány érdekesebb megállapítását a Természet és Technika 1952. májusi számában L. Bajza Edit már ismertette.

Az utolsó cikkben (Asztronomicseszkij Zsurnal, 25. kötet, 299—305. old.). S. B. Pikelner és O. N. Metropolszkaja egy érdekes és eddig elhanyagolt effektusra hívják fel a figyelmet. Kimutatják, hogy elektromosan semleges üstököscsóvát feltételezve, azonnal megkezdődik az elektronok eláramlása a csóvából, ami viszont az üstököscsóvának pozitív töltést ad. Ez egyrészt az elektronok további szökését gátolja, másrészt a hátramaradó ionok mozgását gyorsítja és így a csóvát kiszélesíti. Az effektus nagyságrendje olyan, hogy az üstököscsóvák mechanizmusának tárgyalásánál a második közelítésben már tekintetbe kell venni.

Áttekintve a szóbanforgó gyűjteményes kötet cikkeit, mintegy összefoglalásul megállapíthatjuk, hogy (különösen első felében) a szovjet tudománynak igen fontos, nagy horderejű eredményeit teszi hozzáférhetővé olyanok számára is, akik különben a folyóiratokhoz vagy az egyes szovjet obszervatóriumok közforgalomba nem is kerülő kiadványaihoz nehezen jutnának hozzá. Ezért megszerzését a csillagászat németül tudó barátai számára a legmelegebben ajánlhatjuk.

Herczeg Tibor

TARTALOM

Csillagászati adatok az 1953. évre 3
Moroián Györgyné: A Bemutató Csillagdák 1952. évi munkája 84
Dezső Loránt: Adatok egy magyarországi napészlelő hálózat beindításához 97
B. A. Voroncov-Veljaminov: Szupernóvák 105
Róka Gedeon: Tudomány és vallás a világmindenség szerkezetéről 124
Detre László: A Tejútrendszer 135
Földes István: Kozmogóniai elméletek 156
Zerinváry Szilárd: A szovjet csillagászat néhány újabb eredménye 185
Csada Imre: A csillagok tengelyforgása 204
Almár Iván: A tömeg-fényesség diagramm és az ezzel kapcsolatos legújabb szovjet eredmények 210
Herczeg Tibor: »Abhandlungen aus der sowjetischen Astronomie« c. könyv ismertetése 222

Ára: 19·50 Ft