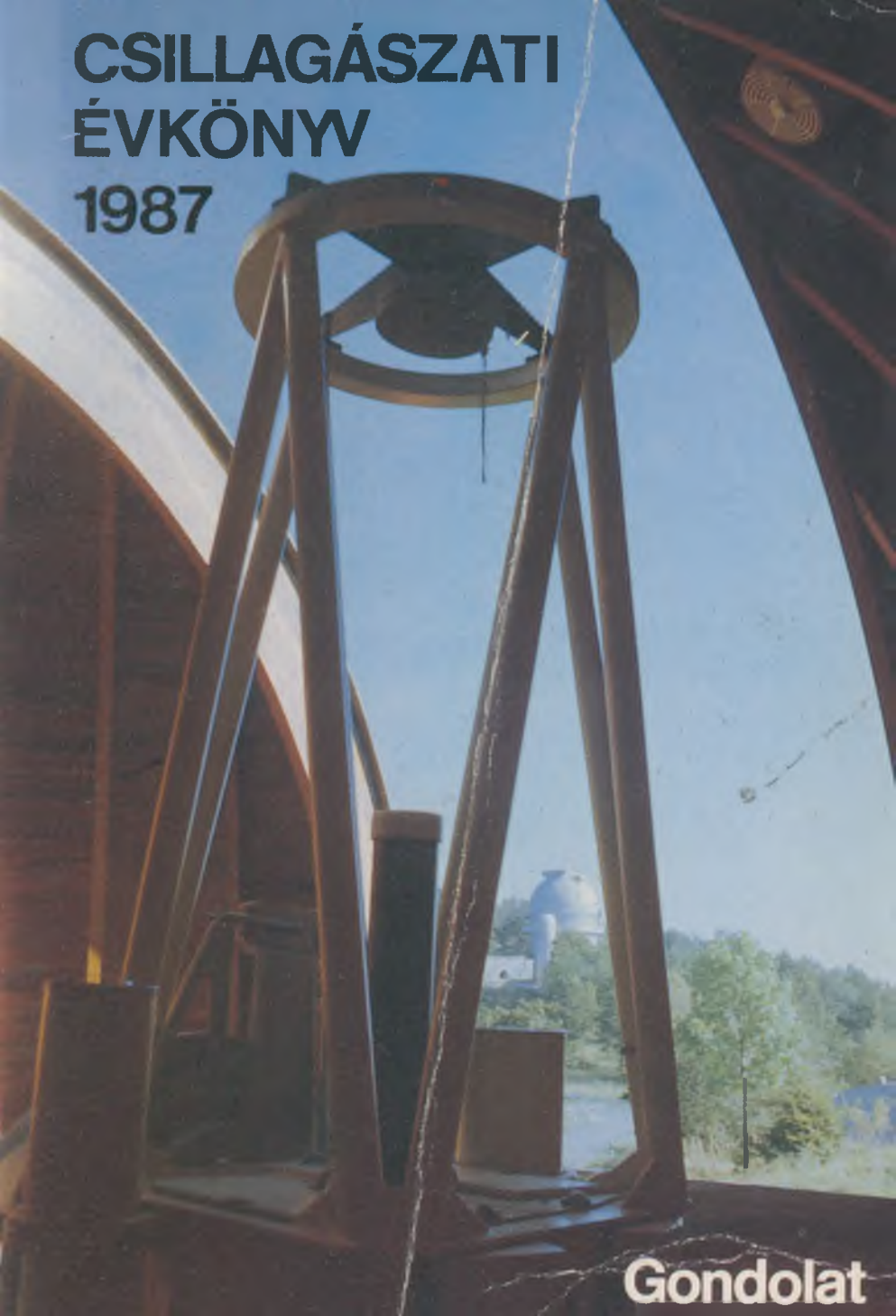


# CSILLAGÁSZATI ÉVKÖNYV 1987



Gondolat



# CSILLAGÁSZATI ÉVKÖNYV

az 1987. évről

ELŐSZÓ

A 1987. évről

az 1987. évről

ELŐSZÓ

A 1987. évről

A 1987. évről

A 1987. évről

A 1987. évről

Címképünkön:  
A Pizskés-tetői obszervatórium  
(fotó: Márton József)

ISSN 0526—233 X  
© Gondolat Könyvkiadó, 1986

A fedélterv Szalay Gábor munkája

A kiadásért felel a Gondolat Könyvkiadó igazgatója  
Szedte a Nyomdaipari Fényszedő Üzem (867749/08)

Petőfi Nyomda (86.62659)  
Kecskemét, 1986

Felelős vezető: Birkás Béla igazgató

Felelős szerkesztő: F. Várkonyi Judit  
Műszaki vezető: Tóbi Attila  
Műszaki szerkesztő: Haiman Ágnes

Megjelent 17,75 (A/5) ív + 8 oldal színes melléklet terjedelemben,  
az MSZ 5601–59 és 5602–55 szabvány szerint





## TARTALOM

<i>I. Csillagászati adatok az 1987. évre</i> .....	7
A Nap és a Hold kelte és fontosabb adatai .....	9
A Nap forgási tengelyének helyzete és a napkorong közép- pontjának heliografikus koordinátái .....	34
A bolygókorongok megvilágítása és a Szaturnusz gyűrűje ..	35
A szabad szemmel látható bolygók adatai .....	36
Az Uránusz és a Neptunusz adatai .....	43
A bolygók heliocentrikus ekliptikai koordinátái O <sup>b</sup> világidő- kor .....	44
A Jupiter-holdak helyzetei és jelenségei .....	46
A Mars centrálmeridiánjának planetografikus hosszúsága ..	64
A Jupiter centrálmeridiánjának planetografikus hosszúsága, a centrálmeridián mozgása .....	65
Csillagkatalógus (magnitúdóhatár 4 <sup>m</sup> 0) .....	67
Magyarázat a táblázatokhoz .....	76
A csillagos ég 1987-ben (Guman István) .....	80
<i>II. Beszámolók</i> .....	95
Szeidl Béla: Az MTA Csillagászati Kutató Intézete 1985. évi tevékenysége .....	97
Marik Miklós: Az ELTE Csillagászati Tanszékének működése az 1985. évben .....	106
Schalk Gyula: Beszámoló a TIT Csillagászati és Űrkutatási Országos Választmánya 1985. évi tevékenységéről .....	112

Horváth András—Zombori Ottó: Beszámoló a TIT Budapesti Planetárium és Uránia Csillagvizsgáló 1985. évi tevékenységéről .....	118
<i>III. Cikkek</i> .....	125
Barcza Szabolcs: A csillagászat legújabb eredményeiből ....	127
Szalmáry Károly: Pulzáló változócsillagok periódusmeghatározása .....	149
Tóth Imre: A kisbolygók .....	175
Marik Miklós: Évfordulók 1987-ben .....	203
Schalk Gyula: A finn amatőr csillagászatról .....	207
Lángné Varga Márta: Új kozmikus helymeghatározó módszerek .....	216
Hajósy Adrienne: A földalak-meghatározás története .....	235
Kelemen János: Flercsillagok .....	250
Baj Attila: Űrállomások. A NASA űrállomásterve .....	272



# I. CSILLAGÁSZATI ADATOK AZ 1987. ÉVRE

Az adatokat összeállították  
az MTA Csillagászati Kutató Intézete  
Napfizikai Observatóriumának  
kutatói

## FIGYELEM!

A közép-európai zónaidőben (KözEi) megadott időadatokhoz  
a nyári időszámítás tartama alatt  
*1<sup>h</sup>-t hozzá kell adni!*



## A Nap és a Hold kelte és fontosabb adatai

MAGYARORSZÁG TERÜLETÉN ÉRKEZŐ NAP- ÉS HOLDKELTÉK											
NAP						HOLD					
Keletkezés		Nyugvadás		Magasság		Keletkezés		Nyugvadás		Magasság	
Ór.	Per.	Ór.	Per.	°	'	Ór.	Per.	Ór.	Per.	°	'
1	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
2	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
3	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
4	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
5	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
6	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
7	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
8	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
9	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
10	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
11	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
12	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
13	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
14	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
16	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
17	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
18	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
19	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
20	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
21	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
22	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
23	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
24	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
25	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
26	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
27	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
28	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
29	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
30	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
31	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15

1987. JANUÁR

Dátum	A hét napjai	Ev hányadik hete	Ev hányadik napja	Julian dátum (0 <sup>h</sup> UT) 2446	Közép-európai zónaidőben Budapesten					
					A NAP			A HOLD		
					kel	delel	nyugszik	kel	nyugszik	fázisai
					h m	h m	h m	h m	h m	h m
1	Cs		1	796.5	7 32	11 47	16 03	9 12	17 27	
2	P		2	797.5	7 32	11 48	16 04	9 47	18 56	
3	Szo		3	798.5	7 32	11 48	16 05	10 13	20 21	
4	V		4	799.5	7 32	11 49	16 06	10 33	21 40	
5	H	1	5	800.5	7 32	11 49	16 07	10 50	22 55	
6	K		6	801.5	7 32	11 50	16 08	11 05	-- --	23 34 D
7	Sz		7	802.5	7 31	11 50	16 09	11 20	0 08	
8	Cs		8	803.5	7 31	11 51	16 10	11 37	1 19	
9	P		9	804.5	7 31	11 51	16 11	11 56	2 30	
10	Szo		10	805.5	7 31	11 52	16 13	12 20	3 40	
11	V		11	806.5	7 30	11 52	16 14	12 50	4 48	
12	H	2	12	807.5	7 30	11 52	16 15	13 30	5 52	
13	K		13	808.5	7 29	11 53	16 16	14 18	6 49	
14	Sz		14	809.5	7 29	11 53	16 18	15 17	7 35	
15	Cs		15	810.5	7 28	11 53	16 19	16 23	8 12	3 30 D
16	P		16	811.5	7 27	11 54	16 20	17 32	8 40	
17	Szo		17	812.5	7 27	11 54	16 22	18 43	9 03	
18	V		18	813.5	7 26	11 54	16 23	19 53	9 21	
19	H	3	19	814.5	7 25	11 55	16 24	21 02	9 37	
20	K		20	815.5	7 24	11 55	16 26	22 13	9 52	
21	Sz		21	816.5	7 24	11 55	16 27	23 26	10 07	
22	Cs		22	817.5	7 23	11 56	16 29	-- --	10 23	23 45 C
23	P		23	818.5	7 22	11 56	16 30	0 42	10 41	
24	Szo		24	819.5	7 21	11 56	16 32	2 02	11 06	
25	V		25	820.5	7 20	11 56	16 33	3 25	11 40	
26	H	4	26	821.5	7 19	11 57	16 35	4 48	12 26	
27	K		27	822.5	7 18	11 57	16 36	6 01	13 31	
28	Sz		28	823.5	7 17	11 57	16 38	6 59	14 52	
29	Cs		29	824.5	7 15	11 57	16 39	7 41	16 20	14 44 D
30	P		30	825.5	7 14	11 57	16 41	8 11	17 49	
31	Szo		31	826.5	7 13	11 58	16 42	8 34	19 13	

Hold: 13-án 6<sup>h</sup>-kor földtávolban  
28-án 12<sup>h</sup>-kor földközeli

1987. JANUÁR

0 <sup>h</sup> világidőkor							
Csillagidő (λ=0 <sup>h</sup> -nál)	A NAP			A HOLD			
	RA	D	látszó sugár	RA	D	látszó sugár	távolság
h m s	h m	° ' "	° ' "	h m	° ' "	° ' "	földszug.
6 40 27.0	18 43.6	-23 04	16 18	19 40.6	-26 29	16 42	56.083
6 44 23.6	18 40.0	-22 59	16 18	20 45.2	-22 54	16 34	56.549
6 48 20.1	18 52.4	-22 54	16 18	21 44.6	-17 53	16 21	57.262
6 52 16.7	18 56.8	-22 48	16 18	22 38.8	-12 01	16 07	58.147
6 56 13.2	19 01.2	-22 42	16 18	23 28.8	- 5 45	15 51	59.122
7 00 09.8	19 05.6	-22 35	16 18	0 16.1	+ 0 34	15 35	60.105
7 04 06.4	19 10.0	-22 28	16 18	1 01.9	+ 6 39	15 21	61.030
7 08 02.9	19 14.4	-22 21	16 18	1 47.6	+12 19	15 09	61.845
7 11 59.5	19 18.8	-22 13	16 17	2 34.0	+17 22	14 59	62.520
7 15 56.0	19 23.1	-22 04	16 17	3 21.9	+21 39	14 52	63.041
7 19 52.6	19 27.5	-21 55	16 17	4 11.9	+24 60	14 46	63.407
7 23 49.1	19 31.8	-21 46	16 17	5 03.8	+27 14	14 43	63.626
7 27 45.7	19 36.1	-21 36	16 17	5 57.0	+28 14	14 42	63.713
7 31 42.3	19 40.5	-21 26	16 17	6 50.7	+27 55	14 43	63.682
7 35 38.8	19 44.8	-21 16	16 17	7 43.6	+26 20	14 44	63.546
7 39 35.4	19 49.1	-21 05	16 17	8 34.9	+23 32	14 48	63.317
7 43 31.9	19 53.3	-20 53	16 17	9 24.0	+19 43	14 52	63.000
7 47 28.5	19 57.6	-20 42	16 17	10 11.1	+15 02	14 58	62.596
7 51 25.0	20 01.9	-20 30	16 17	10 56.5	+ 9 43	15 05	62.105
7 55 21.6	20 06.1	-20 17	16 17	11 41.2	+ 3 57	15 13	61.524
7 59 18.2	20 10.4	-20 04	16 17	12 26.1	- 2 05	15 24	60.857
8 03 14.7	20 14.6	-19 51	16 17	13 12.3	- 8 10	15 35	60.114
8 07 11.3	20 18.8	-19 37	16 17	14 01.1	-14 04	15 47	59.317
8 11 07.8	20 23.0	-19 23	16 17	14 53.8	-19 26	16 01	58.505
8 15 04.4	20 27.2	-19 09	16 16	15 51.4	-23 55	16 13	57.732
8 19 00.9	20 31.4	-18 54	16 16	16 54.1	-27 02	16 25	57.062
8 22 57.5	20 35.5	-18 39	16 16	18 00.8	-28 20	16 34	56.565
8 26 54.0	20 39.7	-18 24	16 16	19 08.9	-27 34	16 38	56.302
8 30 50.6	20 43.8	-18 08	16 16	20 15.1	-24 46	16 38	56.313
8 34 47.2	20 48.0	-17 52	16 16	21 17.4	-20 17	16 33	56.610
8 38 43.7	20 52.1	-17 35	16 16	22 14.7	-14 35	16 23	57.172

Földi: 5-én 0<sup>h</sup>-kor napközében (KözEI)

1987. FEBRUÁR

Dátum	A hét napja	Ev hányadik hete	Ev hányadik napja	Julian dátum (0 <sup>h</sup> UT) 2446 _	Közép-európai zónaidőben Budapesten					
					A NAP			A HOLD		
					kel	delel	nyugszik	kel	nyugszik	fázisai
					h m	h m	h m	h m	h m	h m
1	V	5	32	927.5	7 12	11 58	16 44	8 52	20 33	
2	H		33	828.5	7 10	11 58	16 45	9 08	21 49	
3	K		34	829.5	7 09	11 58	16 47	9 24	23 03	
4	Sz		35	830.5	7 08	11 58	16 49	9 41	-- --	
5	Cs		36	831.5	7 06	11 58	16 50	10 00	0 16	17 21 0
6	P	6	37	832.5	7 05	11 58	16 52	10 21	1 28	
7	Szo		38	833.5	7 04	11 58	16 53	10 49	2 38	
8	V		39	834.5	7 02	11 59	16 55	11 26	3 44	
9	H		40	835.5	7 01	11 59	16 56	12 12	4 44	
10	K		41	836.5	6 59	11 59	16 58	13 07	5 33	
11	Sz		42	837.5	6 58	11 59	17 00	14 12	6 13	
12	Cs	43	838.5	6 56	11 59	17 01	15 20	6 44		
13	P	44	839.5	6 54	11 59	17 03	16 31	7 08	21 58 0	
14	Szo	45	840.5	6 53	11 59	17 04	17 43	7 28		
15	V	46	841.5	6 51	11 59	17 06	18 53	7 44		
16	H	7	47	842.5	6 50	11 58	17 07	20 04	7 59	
17	K		48	843.5	6 48	11 58	17 09	21 16	8 14	
18	Sz		49	844.5	6 46	11 58	17 10	22 31	8 29	
19	Cs		50	845.5	6 45	11 58	17 12	23 49	8 47	
20	P		51	846.5	6 43	11 58	17 14	-- --	9 09	
21	Szo		52	847.5	6 41	11 58	17 15	1 10	9 38	9 56 C
22	V	53	848.5	6 39	11 58	17 17	2 31	10 17		
23	H	8	54	849.5	6 37	11 58	17 18	3 46	11 12	
24	K		55	850.5	6 36	11 58	17 20	4 48	12 24	
25	Sz		56	851.5	6 34	11 58	17 21	5 35	13 48	
26	Cs		57	852.5	6 32	11 57	17 23	6 09	15 15	
27	P	58	853.5	6 30	11 57	17 24	6 34	16 41		
28	Szo	59	854.5	6 28	11 57	17 26	6 54	18 04	1 51 0	

Hold: 9-én 17<sup>h</sup>-kor földtávolban  
25-én 17<sup>h</sup>-kor földközélen

1987. FEBRUÁR

0 <sup>h</sup> világitókor							
Csillagidő (λ=0 <sup>h</sup> -nál)	A NAP			A HOLD			
	RA	D	látszó sugár	RA	D	látszó sugár	távolság
h m s	h m	° ' "	' "	h m	° ' "	' "	földszug.
8 42 40.3	20 56.2	-17 19	16 16	23 07.8	- 8 14	16 10	57.948
8 46 36.8	21 00.2	-17 02	16 15	23 57.5	- 1 40	15 55	58.867
8 50 33.4	21 04.3	-16 44	16 15	0 45.2	+ 4 45	15 39	59.846
8 54 29.9	21 08.4	-16 27	16 15	1 32.1	+10 46	15 24	60.807
8 58 26.5	21 12.4	-16 09	16 15	2 19.3	+16 09	15 11	61.683
9 02 23.1	21 16.4	-15 51	16 15	3 07.6	+20 45	15 00	62.421
9 06 19.6	21 20.4	-15 32	16 15	3 57.5	+24 24	14 52	62.998
9 10 16.2	21 24.4	-15 14	16 14	4 49.2	+26 56	14 47	63.374
9 14 12.7	21 28.4	-14 55	16 14	5 42.3	+28 15	14 44	63.573
9 18 09.3	21 32.4	-14 36	16 14	6 35.9	+28 16	14 44	63.601
9 22 05.8	21 36.4	-14 16	16 14	7 29.1	+26 59	14 45	63.479
9 26 02.4	21 40.3	-13 56	16 14	8 21.0	+24 27	14 49	63.232
9 29 58.9	21 44.2	-13 37	16 14	9 10.9	+20 49	14 54	62.888
9 33 55.5	21 48.2	-13 16	16 13	9 58.9	+16 16	14 60	62.472
9 37 52.1	21 52.1	-12 56	16 13	10 45.1	+11 00	15 06	62.006
9 41 48.6	21 56.0	-12 35	16 13	11 30.3	+ 5 13	15 14	61.504
9 45 45.2	21 59.8	-12 15	16 13	12 15.4	- 0 51	15 22	60.977
9 49 41.7	22 03.7	-11 54	16 13	13 01.3	- 6 59	15 30	60.428
9 53 38.3	22 07.6	-11 33	16 12	13 49.2	-12 56	15 39	59.862
9 57 34.8	22 11.4	-11 11	16 12	14 40.2	-18 24	15 48	59.285
10 01 31.4	22 15.3	-10 50	16 12	15 35.3	-23 03	15 57	58.712
10 05 27.9	22 19.1	-10 28	16 12	16 34.8	-26 28	16 06	58.166
10 09 24.5	22 22.9	-10 06	16 12	17 38.4	-28 18	16 14	57.683
10 13 21.1	22 26.7	- 9 44	16 11	18 44.0	-28 15	16 21	57.305
10 17 17.6	22 30.5	- 9 22	16 11	19 49.1	-26 13	16 25	57.080
10 21 14.2	22 34.3	- 8 60	16 11	20 51.5	-22 25	16 25	57.048
10 25 10.7	22 38.1	- 8 37	16 11	21 49.9	-17 13	16 22	57.233
10 29 07.3	22 41.9	- 8 15	16 10	22 44.4	-11 05	16 15	57.640

1987. MÁRCIUS

Dátum	A hét napja	Év hányadjik hete	Év hányadjik napja	Julian dátum (0 <sup>h</sup> UT) 2446 _	Közép-európai zónaidőben Budapesten					
					A NAP			A HOLD		
					kel	delel	nyugszik	kel	nyugszik	fázisai
					h a	h a	h m	h a	h a	h m
1	V	9	60	855.5	6 26	11 57	17 27	7 11	19 24	
2	H		61	856.5	6 25	11 57	17 29	7 27	20 40	
3	K		62	857.5	6 23	11 56	17 30	7 44	21 55	
4	Sz		63	858.5	6 21	11 56	17 32	8 02	23 09	
5	Cs		64	859.5	6 19	11 56	17 33	8 22	-- --	
6	P		65	860.5	6 17	11 56	17 35	8 48	0 22	
7	Szo		66	861.5	6 15	11 56	17 36	9 22	1 32	12 58 D
8	V		67	862.5	6 13	11 55	17 38	10 04	2 35	
9	H	10	68	863.5	6 11	11 55	17 39	10 56	3 29	
10	K		69	864.5	6 09	11 55	17 41	11 57	4 12	
11	Sz		70	865.5	6 07	11 55	17 42	13 05	4 46	
12	Cs		71	866.5	6 05	11 54	17 44	14 16	5 12	
13	P		72	867.5	6 03	11 54	17 45	15 27	5 33	
14	Szo		73	868.5	6 01	11 54	17 47	16 39	5 51	
15	V		74	869.5	5 59	11 54	17 48	17 51	6 06	14 13 D
16	H	11	75	870.5	5 57	11 53	17 49	19 04	6 21	
17	K		76	871.5	5 55	11 53	17 51	20 19	6 36	
18	Sz		77	872.5	5 53	11 53	17 52	21 38	6 53	
19	Cs		78	873.5	5 51	11 52	17 54	22 59	7 13	
20	P		79	874.5	5 49	11 52	17 55	-- --	7 40	
21	Szo		80	875.5	5 47	11 52	17 57	0 21	8 15	
22	V		81	876.5	5 45	11 52	17 58	1 30	9 05	17 22 C
23	H	12	82	877.5	5 43	11 51	17 59	2 43	10 10	
24	K		83	878.5	5 41	11 51	18 01	3 33	11 20	
25	Sz		84	879.5	5 39	11 51	18 02	4 10	12 53	
26	Cs		85	880.5	5 37	11 50	18 04	4 37	14 17	
27	P		86	881.5	5 35	11 50	18 05	4 58	15 40	
28	Szo		87	882.5	5 33	11 50	18 07	5 16	16 58	
29	V		88	883.5	5 31	11 49	18 08	5 32	18 15	13 45 0
30	H	13	89	884.5	5 29	11 49	18 09	5 48	19 31	
31	K		90	885.5	5 27	11 49	18 11	6 05	20 47	

Hold: 9-én 11<sup>h</sup>-kor földtávolban  
24-én 20<sup>h</sup>-kor földközélen



1987. MÁRCIUS

0 <sup>n</sup> világidőkor							
Csillagidő (λ=0 <sup>n</sup> -nál)	A NAP			A HOLD			
	RA	D	látszó sugár	RA	D	látszó sugár	távolság
h a s	h a	° ' "	° ' "	h a	° ' "	° ' "	földsg.
10 33 03.0	22 45.6	- 7 52	16 10	23 35.6	- 4 29	16 05	58.246
10 37 00.4	22 49.4	- 7 30	16 10	0 24.7	+ 2 10	15 52	59.006
10 40 57.0	22 53.1	- 7 07	16 10	1 12.8	+ 8 32	15 39	59.060
10 44 53.5	22 56.9	- 6 44	16 09	2 00.9	+14 21	15 25	60.738
10 48 50.1	23 00.6	- 6 21	16 09	2 49.9	+19 23	15 13	61.571
10 52 46.6	23 04.3	- 5 57	16 09	3 40.3	+23 28	15 02	62.298
10 56 43.2	23 08.0	- 5 34	16 09	4 32.2	+26 26	14 54	62.071
11 00 39.7	23 11.7	- 5 11	16 08	5 25.4	+28 09	14 48	63.259
11 04 36.3	23 15.4	- 4 47	16 08	6 19.2	+28 34	14 46	63.447
11 08 32.9	23 19.1	- 4 24	16 08	7 12.7	+27 39	14 46	63.436
11 12 29.4	23 22.8	- 4 01	16 08	8 05.0	+25 29	14 49	63.241
11 16 26.0	23 26.5	- 3 37	16 07	8 55.5	+22 09	14 54	62.892
11 20 22.5	23 30.2	- 3 13	16 07	9 44.0	+17 50	15 00	62.422
11 24 19.1	23 33.8	- 2 50	16 07	10 31.0	+12 43	15 00	61.874
11 28 15.6	23 37.5	- 2 26	16 07	11 16.8	+ 6 59	15 17	61.288
11 32 12.2	23 41.1	- 2 02	16 06	12 02.5	+ 0 51	15 26	60.701
11 36 08.7	23 44.8	- 1 39	16 06	12 48.8	- 5 25	15 34	60.142
11 40 05.3	23 48.5	- 1 15	16 06	13 36.9	-11 34	15 42	59.633
11 44 01.9	23 52.1	- 0 51	16 06	14 27.8	-17 17	15 50	59.103
11 47 58.4	23 55.8	- 0 27	16 05	15 22.3	-22 12	15 56	58.796
11 51 55.0	23 59.4	- 0 04	16 05	16 21.0	-25 56	16 01	58.471
11 55 51.5	0 03.0	+ 0 20	16 05	17 23.1	-28 09	16 06	58.206
11 59 48.1	0 06.7	+ 0 44	16 04	18 27.3	-28 33	16 09	58.007
12 03 44.6	0 10.3	+ 1 07	16 04	19 31.2	-27 04	16 11	57.804
12 07 41.2	0 14.0	+ 1 31	16 04	20 32.8	-23 58	16 11	57.853
12 11 37.8	0 17.6	+ 1 55	16 04	21 30.7	-19 10	16 10	57.936
12 15 34.3	0 21.3	+ 2 18	16 03	22 25.0	-13 26	16 07	58.149
12 19 30.9	0 24.9	+ 2 42	16 03	23 16.1	- 7 05	16 01	58.503
12 23 27.4	0 28.5	+ 3 05	16 03	0 05.3	- 0 29	15 53	58.993
12 27 24.0	0 32.2	+ 3 28	16 03	0 53.4	+ 6 02	15 43	59.601
12 31 20.5	0 35.8	+ 3 52	16 02	1 41.5	+12 08	15 32	60.292

Föld: 21-én 4<sup>h</sup>52<sup>n</sup>-kor a tavasz kezdete (KözEI)

1987. ÁPRILIS

Dátum	A hét napja	Evhányadik hete	Evhányadik napja	Julián dátum (0 <sup>h</sup> UT) 2446	Közép-európai zónaidőben Budapesten					
					A NAP			A HOLD		
					kel	delel	nyugszik	kel	nyugszik	fázisai
					h m	h m	h m	h m	h m	h m
1	Sz		91	886.5	5 25	11 49	18 12	6 24	22 02	
2	Cs		92	887.5	5 23	11 48	18 14	6 47	23 14	
3	P		93	888.5	5 21	11 48	18 15	7 17	-- --	
4	Szo		94	889.5	5 19	11 48	18 16	7 57	0 22	
5	V		95	890.5	5 17	11 47	18 18	8 45	1 20	
6	H	14	96	891.5	5 15	11 47	18 19	9 44	2 09	0 48 D
7	K		97	892.5	5 13	11 47	18 21	10 48	2 45	
8	Sz		98	893.5	5 11	11 46	18 22	11 58	3 14	
9	Cs		99	894.5	5 09	11 46	18 23	13 09	3 37	
10	P			895.5	5 07	11 46	18 25	14 20	3 55	
11	Szo		101	896.5	5 05	11 46	18 26	15 31	4 11	
12	V		102	897.5	5 03	11 45	18 28	16 45	4 26	
13	H	15	103	898.5	5 01	11 45	18 29	18 00	4 41	
14	K		104	899.5	4 59	11 45	18 30	19 19	4 58	3 31 D
15	Sz		105	900.5	4 57	11 45	18 32	20 41	5 17	
16	Cs		106	901.5	4 55	11 44	18 33	22 06	5 42	
17	P		107	902.5	4 54	11 44	18 35	23 26	6 15	
18	Szo		108	903.5	4 52	11 44	18 36	-- --	7 01	
19	V		109	904.5	4 50	11 44	18 38	0 37	8 02	
20	H	16	110	905.5	4 48	11 43	18 39	1 32	9 17	23 15 C
21	K		111	906.5	4 46	11 43	18 40	2 12	10 39	
22	Sz		112	907.5	4 44	11 43	18 42	2 42	12 02	
23	Cs		113	908.5	4 43	11 43	18 43	3 04	13 24	
24	P		114	909.5	4 41	11 43	18 45	3 22	14 41	
25	Szo		115	910.5	4 39	11 42	18 46	3 38	15 57	
26	V		116	911.5	4 37	11 42	18 47	3 53	17 12	
27	H	17	117	912.5	4 36	11 42	18 49	4 09	18 27	
28	K		118	913.5	4 34	11 42	18 50	4 27	19 42	2 34 0
29	Sz		119	914.5	4 32	11 42	18 52	4 49	20 55	
30	Cs		120	915.5	4 30	11 42	18 53	5 16	22 06	

Hold: 6-án 8<sup>h</sup>-kor földtávolban  
18-án 18<sup>h</sup>-kor földközélen

1987. ÁPRILIS

0 <sup>h</sup> világidőkor							
Csillagidő (λ=0 <sup>h</sup> -nál)	A NAP			A HOLD			
	RA	D	látászó sugár	RA	D	látászó sugár	távolság
h m s	h m	° ' "	° ' "	h m	° ' "	° ' "	földszug.
12 35 17.1	0 39.5	+ 4 15	16 02	2 30.6	+17 34	15 21	61.010
12 39 13.6	0 43.1	+ 4 38	16 02	3 21.1	+22 07	15 11	61.726
12 43 10.2	0 46.8	+ 5 01	16 01	4 13.2	+25 33	15 01	62.362
12 47 06.8	0 50.4	+ 5 24	16 01	5 06.8	+27 45	14 54	62.875
12 51 03.3	0 54.1	+ 5 47	16 01	6 01.0	+28 37	14 49	63.225
12 54 59.9	0 57.7	+ 6 10	16 01	6 54.9	+28 09	14 47	63.385
12 58 56.4	1 01.4	+ 6 33	16 00	7 47.6	+26 23	14 47	63.340
13 02 53.0	1 05.0	+ 6 55	16 00	8 38.4	+23 27	14 51	63.095
13 06 49.5	1 08.7	+ 7 18	15 60	9 27.3	+19 29	14 57	62.667
13 10 46.1	1 12.4	+ 7 40	15 60	10 14.4	+14 38	15 05	62.090
13 14 42.7	1 16.0	+ 8 02	15 59	11 00.4	+ 9 07	15 15	61.409
13 18 39.2	1 19.7	+ 8 24	15 59	11 46.1	+ 3 05	15 26	60.677
13 22 35.8	1 23.4	+ 8 46	15 59	12 32.5	- 3 13	15 37	59.949
13 26 32.3	1 27.1	+ 9 08	15 58	13 20.6	- 9 33	15 48	59.278
13 30 28.9	1 30.8	+ 9 30	15 58	14 11.5	-15 33	15 57	58.709
13 34 25.4	1 34.5	+ 9 51	15 58	15 06.2	-20 53	16 04	58.271
13 38 22.0	1 38.2	+10 13	15 58	16 05.1	-25 05	16 09	57.977
13 42 18.5	1 41.9	+10 34	15 57	17 07.8	-27 45	16 12	57.826
13 46 15.1	1 45.6	+10 55	15 57	18 12.6	-28 36	16 12	57.803
13 50 11.7	1 49.3	+11 16	15 57	19 17.1	-27 32	16 11	57.890
13 54 08.2	1 53.0	+11 36	15 57	20 19.0	-24 41	16 08	58.065
13 58 04.8	1 56.8	+11 57	15 56	21 17.1	-20 22	16 04	58.312
14 02 01.3	2 00.5	+12 17	15 56	22 11.2	-14 59	15 59	58.623
14 05 57.9	2 04.3	+12 37	15 56	23 01.9	- 8 55	15 53	58.992
14 09 54.4	2 08.0	+12 57	15 56	23 50.4	- 2 30	15 46	59.421
14 13 51.0	2 11.8	+13 16	15 55	0 37.7	+ 3 56	15 38	59.906
14 17 47.6	2 15.6	+13 36	15 55	1 25.1	+10 06	15 30	60.442
14 21 44.1	2 19.4	+13 55	15 55	2 13.3	+15 44	15 21	61.014
14 25 40.7	2 23.2	+14 14	15 55	3 03.1	+20 35	15 12	61.597
14 29 37.2	2 27.0	+14 32	15 54	3 54.8	+24 26	15 04	62.160

1987. MÁJUS

Dátum	A hét napja	Évhányadik hete	Évhányadik napja	Julián dátum (0 <sup>h</sup> UT) 2446 -	Közép-európai zónaiddben Budapesten					
					A NAP			A HOLD		
					kel	delel	nyugszik	kel	nyugszik	fázisai
					h a	h m	h m	h m	h m	h m
1	P		121	916.5	4 29	11 42	18 54	5 52	23 09	
2	Szo		122	917.5	4 27	11 41	18 56	6 36	-- --	
3	V		123	918.5	4 26	11 41	18 57	7 31	0 01	
4	H	18	124	919.5	4 24	11 41	18 58	8 34	0 43	
5	K		125	920.5	4 22	11 41	19 00	9 42	1 15	
6	Sz		126	921.5	4 21	11 41	19 01	10 51	1 40	3 26 D
7	Cs		127	922.5	4 19	11 41	19 02	12 01	1 59	
8	P		128	923.5	4 18	11 41	19 04	13 12	2 16	
9	Szo		129	924.5	4 16	11 41	19 05	14 23	2 31	
10	V		130	925.5	4 15	11 41	19 07	15 36	2 46	
11	H	19	131	926.5	4 14	11 41	19 08	16 53	3 02	
12	K		132	927.5	4 12	11 41	19 09	18 15	3 19	
13	Sz		133	928.5	4 11	11 41	19 10	19 40	3 42	13 50 O
14	Cs		134	929.5	4 10	11 41	19 12	21 06	4 12	
15	P		135	930.5	4 08	11 41	19 13	22 23	4 53	
16	Szo		136	931.5	4 07	11 41	19 14	23 26	5 50	
17	V		137	932.5	4 06	11 41	19 16	-- --	7 02	
18	H	20	138	933.5	4 05	11 41	19 17	0 13	8 26	
19	K		139	934.5	4 03	11 41	19 18	0 45	9 50	
20	Sz		140	935.5	4 02	11 41	19 19	1 10	11 13	5 02 C
21	Cs		141	936.5	4 01	11 41	19 20	1 29	12 32	
22	P		142	937.5	4 00	11 41	19 22	1 45	13 47	
23	Szo		143	938.5	3 59	11 41	19 23	2 00	15 01	
24	V		144	939.5	3 58	11 41	19 24	2 16	16 14	
25	H	21	145	940.5	3 57	11 41	19 25	2 33	17 28	
26	K		146	941.5	3 56	11 41	19 26	2 53	18 41	
27	Sz		147	942.5	3 55	11 41	19 27	3 18	19 52	16 13 B
28	Cs		148	943.5	3 54	11 41	19 28	3 50	20 58	
29	P		149	944.5	3 54	11 42	19 29	4 31	21 54	
30	Szo		150	945.5	3 53	11 42	19 30	5 22	22 40	
31	V		151	946.5	3 52	11 42	19 31	6 23	23 15	

Hold: 4-én 3<sup>h</sup>-kor földtávolban  
 15-én 24<sup>h</sup>-kor földközélszélben  
 31-én 19<sup>h</sup>-kor földtávolban

## 1987. MÁJUS

 $\theta^h$  világidőkor

Csillagidő ( $\lambda = \theta^h - \text{nál}$ )	A NAP			A HOLD			
	RA	D	látászó sugár	RA	D	látászó sugár	távolság
h m s	h m	" "	' "	h m	" "	' "	földszug.
14 33 33.8	2 30.8	+14 51	15 54	4 48.2	+27 05	14 57	62.665
14 37 30.3	2 34.6	+15 09	15 54	5 42.6	+28 24	14 51	63.073
14 41 26.9	2 38.4	+15 27	15 54	6 36.9	+28 22	14 47	63.345
14 45 23.4	2 42.3	+15 45	15 53	7 30.1	+27 01	14 46	63.451
14 49 20.0	2 46.1	+16 02	15 53	8 21.5	+24 28	14 47	63.368
14 53 16.6	2 50.0	+16 19	15 53	9 18.6	+20 52	14 51	63.088
14 57 13.1	2 53.8	+16 36	15 53	9 57.7	+16 22	14 58	62.616
15 01 09.7	2 57.7	+16 53	15 52	10 43.4	+11 09	15 07	61.973
15 05 06.2	3 01.6	+17 09	15 52	11 28.5	+ 5 22	15 10	61.197
15 09 02.0	3 05.5	+17 25	15 52	12 14.0	- 0 47	15 31	60.341
15 12 59.3	3 09.4	+17 41	15 52	13 01.1	- 7 05	15 45	59.469
15 16 55.9	3 13.3	+17 57	15 52	13 51.0	-13 15	15 58	58.650
15 20 52.5	3 17.2	+18 12	15 51	14 44.8	-18 56	16 10	57.950
15 24 49.0	3 21.1	+18 27	15 51	15 43.3	-23 40	16 19	57.423
15 28 45.6	3 25.1	+18 41	15 51	16 46.4	-26 59	16 24	57.186
15 32 42.1	3 29.0	+18 56	15 51	17 52.7	-28 27	16 26	57.009
15 36 38.7	3 33.0	+19 09	15 50	18 59.3	-27 54	16 24	57.122
15 40 35.2	3 36.9	+19 23	15 50	20 03.6	-25 25	16 19	57.414
15 44 31.8	3 40.9	+19 36	15 50	21 03.7	-21 21	16 12	57.842
15 48 28.4	3 44.9	+19 49	15 50	21 59.1	-16 08	16 03	58.361
15 52 24.9	3 48.9	+20 02	15 50	22 50.5	-10 11	15 54	58.931
15 56 21.5	3 52.9	+20 14	15 50	23 39.1	- 3 53	15 44	59.521
16 00 18.0	3 56.9	+20 26	15 49	0 26.0	+ 2 28	15 35	60.110
16 04 14.6	4 00.9	+20 38	15 49	1 12.6	+ 8 36	15 26	60.686
16 08 11.1	4 05.0	+20 49	15 49	1 59.8	+14 17	15 18	61.241
16 12 07.7	4 09.0	+20 60	15 49	2 48.5	+19 17	15 10	61.770
16 16 04.2	4 13.1	+21 10	15 49	3 39.2	+23 23	15 03	62.264
16 20 00.8	4 17.1	+21 20	15 49	4 31.8	+26 21	14 56	62.710
16 23 57.4	4 21.2	+21 30	15 48	5 25.9	+28 03	14 51	63.090
16 27 53.9	4 25.3	+21 39	15 48	6 20.4	+28 24	14 47	63.380
16 31 50.5	4 29.3	+21 48	15 48	7 14.1	+27 25	14 44	63.556

1987. JÚNIUS

Dátum	A hét napjai	Ev hányadjik hete	Ev hányadjik napja	Julian dátum (0 <sup>h</sup> UT) 2446	Közép-európai zónaidőben Budapesten					
					A NAP			A HOLD		
					kel	delel	nyugszik	kel	nyugszik	fázisai
h m	h m	h m	h m	h m	h m					
1	H	22	152	947.5	3 52	11 42	19 32	7 29	23 42	
2	K		153	948.5	3 51	11 42	19 33	8 37	-- --	
3	Sz		154	949.5	3 50	11 42	19 34	9 46	0 03	
4	Cs		155	950.5	3 50	11 42	19 35	10 55	0 21	19 53 D
5	P		156	951.5	3 49	11 43	19 36	12 05	0 36	
6	Szo		157	952.5	3 49	11 43	19 37	13 15	0 50	
7	V		158	953.5	3 48	11 43	19 38	14 28	1 05	
8	H	23	159	954.5	3 48	11 43	19 38	15 46	1 21	
9	K		160	955.5	3 48	11 43	19 39	17 09	1 41	
10	Sz		161	956.5	3 47	11 44	19 40	18 36	2 07	
11	Cs		162	957.5	3 47	11 44	19 41	19 59	2 43	21 49 O
12	P		163	958.5	3 47	11 44	19 41	21 10	3 32	
13	Szo		164	959.5	3 47	11 44	19 42	22 06	4 41	
14	V		165	960.5	3 46	11 44	19 42	22 45	6 03	
15	H	24	166	961.5	3 46	11 45	19 43	23 13	7 31	
16	K		167	962.5	3 46	11 45	19 43	23 34	8 57	
17	Sz		168	963.5	3 46	11 45	19 44	23 52	10 19	
18	Cs		169	964.5	3 46	11 45	19 44	-- --	11 37	12 02 C
19	P		170	965.5	3 46	11 45	19 44	0 07	12 52	
20	Szo		171	966.5	3 46	11 46	19 45	0 22	14 05	
21	V		172	967.5	3 47	11 46	19 45	0 39	15 18	
22	H	25	173	968.5	3 47	11 46	19 45	0 58	16 31	
23	K		174	969.5	3 47	11 46	19 46	1 22	17 42	
24	Sz		175	970.5	3 47	11 46	19 46	1 51	18 50	
25	Cs		176	971.5	3 48	11 47	19 46	2 29	19 49	
26	P		177	972.5	3 48	11 47	19 46	3 17	20 38	6 37 0
27	Szo		178	973.5	3 48	11 47	19 46	4 14	21 15	
28	V		179	974.5	3 49	11 47	19 46	5 19	21 45	
29	H	26	180	975.5	3 49	11 48	19 46	6 27	22 08	
30	K		181	976.5	3 50	11 48	19 46	7 36	22 26	

Hold: 13-án 2<sup>h</sup>-kor földközéleben  
28-án 5<sup>h</sup>-kor földtávolban

1987. JÚNIUS

0 <sup>h</sup> világidőkor							
Csillagidő (λ=0 <sup>h</sup> -nál)	A NAP			A HOLD			
	RA	D	látszó sugár	RA	D	látszó sugár	távolság
h m s	h m	° ′	° ′	h m	° ′	° ′	földszug.
16 35 47.0	4 33.4	+21 57	15 48	8 05.9	+25 12	14 44	63.592
16 39 43.6	4 37.5	+22 05	15 48	8 55.4	+21 54	14 46	63.467
16 43 40.1	4 41.6	+22 13	15 48	9 42.7	+17 41	14 50	63.164
16 47 36.7	4 45.7	+22 21	15 47	10 28.1	+12 45	14 57	62.679
16 51 33.2	4 49.8	+22 28	15 47	11 12.5	+ 7 15	15 06	62.021
16 55 29.0	4 54.0	+22 34	15 47	11 56.8	+ 1 21	15 18	61.214
16 59 26.4	4 58.1	+22 41	15 47	12 42.2	- 4 46	15 32	60.301
17 03 22.9	5 02.2	+22 47	15 47	13 30.0	-10 54	15 47	59.339
17 07 19.5	5 06.3	+22 52	15 47	14 21.4	-16 43	16 02	58.401
17 11 16.0	5 10.5	+22 57	15 47	15 17.7	-21 51	16 16	57.564
17 15 12.6	5 14.6	+23 02	15 47	16 19.4	-25 47	16 28	56.903
17 19 09.1	5 18.7	+23 06	15 47	17 25.6	-28 02	16 35	56.477
17 23 05.7	5 22.9	+23 10	15 46	18 34.0	-28 14	16 38	56.322
17 27 02.3	5 27.0	+23 14	15 46	19 41.4	-26 21	16 36	56.442
17 30 58.8	5 31.2	+23 17	15 46	20 44.9	-22 37	16 29	56.812
17 34 55.4	5 35.3	+23 19	15 46	21 43.4	-17 31	16 19	57.384
17 38 51.9	5 39.5	+23 22	15 46	22 37.2	-11 34	16 07	58.094
17 42 48.5	5 43.7	+23 23	15 46	23 27.3	- 5 13	15 55	58.878
17 46 45.0	5 47.8	+23 25	15 46	0 15.0	+ 1 13	15 42	59.679
17 50 41.6	5 52.0	+23 26	15 46	1 01.7	+ 7 26	15 30	60.451
17 54 38.2	5 56.1	+23 26	15 46	1 48.6	+13 12	15 19	61.163
17 58 34.7	6 00.3	+23 27	15 46	2 36.6	+18 18	15 09	61.798
18 02 31.3	6 04.5	+23 26	15 46	3 26.4	+22 33	15 01	62.347
18 06 27.8	6 08.6	+23 26	15 46	4 18.2	+25 45	14 55	62.008
18 10 24.4	6 12.8	+23 25	15 46	5 11.7	+27 44	14 50	63.180
18 14 20.9	6 16.9	+23 23	15 46	6 05.9	+28 24	14 46	63.460
18 18 17.5	6 21.1	+23 21	15 45	6 59.8	+27 43	14 43	63.644
18 22 14.0	6 25.2	+23 19	15 45	7 52.1	+25 46	14 42	63.722
18 26 10.6	6 29.4	+23 16	15 45	8 42.2	+22 43	14 43	63.681
18 30 07.2	6 33.5	+23 13	15 45	9 29.8	+18 43	14 45	63.508

Föld: 21-én 23<sup>h</sup>11<sup>m</sup>-kor a nyár kezdete(KözEI)

1987. JÚLIUS

Dátum	A hét napja	Év hányadik hete	Év hányadik napja	Julian dátum (0 <sup>h</sup> UT) 2446 -	Közép-európai zónaidőben Budapesten					
					A NAP			A HOLD		
					kel	delel	nyugszik	kel	nyugszik	fázisai
					h m	h m	h m	h m	h m	h m
1	Sz		182	977.5	3 50	11 48	19 46	8 44	22 42	
2	Cs		183	978.5	3 51	11 48	19 45	9 52	22 56	
3	P		184	979.5	3 52	11 48	19 45	11 00	23 10	
4	Szo		185	980.5	3 52	11 49	19 45	12 10	23 25	9 34 D
5	V		186	981.5	3 53	11 49	19 44	13 24	23 43	
6	H	27	187	982.5	3 54	11 49	19 44	14 43	-- --	
7	K		188	983.5	3 54	11 49	19 44	16 05	0 04	
8	Sz		189	984.5	3 55	11 49	19 43	17 30	0 34	
9	Cs		190	985.5	3 56	11 49	19 43	18 47	1 16	
10	P		191	986.5	3 57	11 50	19 42	19 51	2 16	
11	Szo		192	987.5	3 58	11 50	19 42	20 38	3 32	4 33 D
12	V		193	988.5	3 59	11 50	19 41	21 12	5 01	
13	H	28	194	989.5	4 00	11 50	19 40	21 36	6 31	
14	K		195	990.5	4 00	11 50	19 40	21 56	7 58	
15	Sz		196	991.5	4 01	11 50	19 39	22 13	9 20	
16	Cs		197	992.5	4 02	11 50	19 38	22 29	10 38	
17	P		198	993.5	4 03	11 50	19 37	22 45	11 54	21 17 C
18	Szo		199	994.5	4 04	11 50	19 36	23 03	13 08	
19	V		200	995.5	4 06	11 51	19 35	23 25	14 22	
20	H	29	201	996.5	4 07	11 51	19 35	23 52	15 34	
21	K		202	997.5	4 08	11 51	19 34	-- --	16 42	
22	Sz		203	998.5	4 09	11 51	19 33	0 28	17 44	
23	Cs		204	999.5	4 10	11 51	19 31	1 13	18 36	
24	P		205	000.5	4 11	11 51	19 30	2 07	19 17	
25	Szo		206	001.5	4 12	11 51	19 29	3 10	19 49	21 37 0
26	V		207	002.5	4 13	11 51	19 28	4 17	20 13	
27	H	30	208	003.5	4 15	11 51	19 27	5 27	20 32	
28	K		209	004.5	4 16	11 51	19 26	6 35	20 49	
29	Sz		210	005.5	4 17	11 51	19 24	7 43	21 03	
30	Cs		211	006.5	4 18	11 51	19 23	8 51	21 17	
31	P		212	007.5	4 20	11 51	19 22	9 59	21 31	

Hold: 11-én 11<sup>h</sup>-kor földközéleben  
25-én 9<sup>h</sup>-kor földtávolban



## 1987. JÚLIUS

0<sup>n</sup> világitdókor

Csillagidő (λ=0 <sup>n</sup> -nál)	A NAP			A HOLD			
	RA	D	látászó sugár	RA	D	látászó sugár	távolság
h m s	h m	° ' "	° ' "	h m	° ' "	° ' "	földszug.
18 34 03.7	6 37.7	+23 10	15 45	10 15.3	+13 58	14 49	63.189
18 38 00.3	6 41.8	+23 06	15 45	10 59.4	+ 8 39	14 56	62.716
18 41 56.8	6 46.0	+23 01	15 45	11 42.8	+ 2 57	15 05	62.089
18 45 53.4	6 50.1	+22 57	15 45	12 26.8	- 2 59	15 17	61.319
18 49 49.9	6 54.2	+22 51	15 45	13 12.4	- 8 59	15 30	60.432
18 53 46.5	6 58.3	+22 46	15 45	14 01.1	-14 46	15 45	59.473
18 57 43.1	7 02.4	+22 40	15 45	14 54.1	-20 03	16 01	58.502
19 01 39.6	7 06.5	+22 34	15 45	15 52.3	-24 25	16 16	57.594
19 05 36.2	7 10.6	+22 27	15 45	16 56.0	-27 22	16 29	56.020
19 09 32.7	7 14.7	+22 20	15 45	18 03.6	-28 26	16 39	56.281
19 13 29.3	7 18.8	+22 12	15 45	19 12.3	-27 22	16 43	56.007
19 17 25.8	7 22.9	+22 05	15 45	20 18.8	-24 16	16 43	56.037
19 21 22.4	7 27.0	+21 56	15 45	21 20.9	-19 29	16 37	56.362
19 25 18.9	7 31.0	+21 48	15 46	22 18.1	-13 35	16 27	56.946
19 29 15.5	7 35.1	+21 39	15 46	23 10.9	- 7 05	16 14	57.724
19 33 12.1	7 39.1	+21 29	15 46	0 00.7	- 0 26	15 59	58.621
19 37 08.6	7 43.2	+21 20	15 46	0 48.8	+ 6 02	15 44	59.560
19 41 05.2	7 47.2	+21 10	15 46	1 36.4	+12 02	15 29	60.476
19 45 01.7	7 51.2	+20 59	15 46	2 24.7	+17 22	15 17	61.316
19 48 58.3	7 55.2	+20 48	15 46	3 14.3	+21 50	15 06	62.046
19 52 54.8	7 59.2	+20 37	15 46	4 05.7	+25 16	14 57	62.648
19 56 51.4	8 03.2	+20 26	15 46	4 58.7	+27 30	14 50	63.114
20 00 48.0	8 07.2	+20 14	15 46	5 52.7	+28 26	14 46	63.449
20 04 44.5	8 11.2	+20 02	15 46	6 46.6	+28 02	14 43	63.657
20 08 41.1	8 15.1	+19 49	15 46	7 39.3	+26 21	14 42	63.749
20 12 37.6	8 19.1	+19 36	15 46	8 29.9	+23 30	14 42	63.730
20 16 34.2	8 23.1	+19 23	15 46	9 18.2	+19 41	14 44	63.604
20 20 30.7	8 27.0	+19 10	15 46	10 04.2	+15 03	14 47	63.371
20 24 27.3	8 30.9	+18 56	15 47	10 48.4	+ 9 50	14 52	63.029
20 28 23.8	8 34.8	+18 42	15 47	11 31.7	+ 4 13	14 50	62.573
20 32 20.4	8 38.7	+18 27	15 47	12 15.0	- 1 39	15 06	62.002

Föld: 4-én 2<sup>n</sup>-kor naptávolban(KözEI)

## 1987. AUGUSZTUS

Dátum	A hét napjai	Ev hányadik hete	Ev hányadik napja	Julián dátum (0 <sup>h</sup> UT) 2447	Közép-európai zónaidőben Budapesten					
					A NAP			A HOLD		
					kel	delel	nyugszik	kel	nyugszik	fázisai
					h m	h m	h m	h m	h m	h m
1	Szo		213	008.5	4 21	11 51	19 21	11 10	21 47	
2	V		214	009.5	4 22	11 51	19 19	12 25	22 06	20 24 D
3	H	31	215	010.5	4 23	11 51	19 18	13 44	22 31	
4	K		216	011.5	4 25	11 50	19 16	15 05	23 06	
5	Sz		217	012.5	4 26	11 50	19 15	16 24	23 55	
6	Cs		218	013.5	4 27	11 50	19 13	17 33	-- --	
7	P		219	014.5	4 28	11 50	19 12	18 28	1 02	
8	Szo		220	015.5	4 30	11 50	19 10	19 07	2 25	
9	V		221	016.5	4 31	11 50	19 09	19 36	3 55	11 17 O
10	H	32	222	017.5	4 32	11 50	19 07	19 58	5 26	
11	K		223	018.5	4 34	11 50	19 06	20 16	6 53	
12	Sz		224	019.5	4 35	11 49	19 04	20 33	8 15	
13	Cs		225	020.5	4 36	11 49	19 02	20 49	9 35	
14	P		226	021.5	4 38	11 49	19 01	21 07	10 52	
15	Szo		227	022.5	4 39	11 49	18 59	21 28	12 08	
16	V		228	023.5	4 40	11 49	18 57	21 53	13 23	9 25 C
17	H	33	229	024.5	4 42	11 49	18 56	22 26	14 34	
18	K		230	025.5	4 43	11 48	18 54	23 08	15 39	
19	Sz		231	026.5	4 44	11 48	18 52	-- --	16 34	
20	Cs		232	027.5	4 46	11 48	18 50	0 00	17 18	
21	P		233	028.5	4 47	11 48	18 48	1 00	17 52	
22	Szo		234	029.5	4 48	11 47	18 47	2 07	18 18	
23	V		235	030.5	4 50	11 47	18 45	3 16	18 39	
24	H	34	236	031.5	4 51	11 47	18 43	4 26	18 56	12 59 O
25	K		237	032.5	4 52	11 47	18 41	5 34	19 11	
26	Sz		238	033.5	4 54	11 46	18 39	6 43	19 25	
27	Cs		239	034.5	4 55	11 46	18 37	7 51	19 39	
28	P		240	035.5	4 56	11 46	18 35	9 01	19 54	
29	Szo		241	036.5	4 58	11 46	18 33	10 15	20 11	
30	V		242	037.5	4 59	11 45	18 31	11 30	20 34	
31	H	35	243	038.5	5 00	11 45	18 30	12 50	21 04	

Hold: 8-án 20<sup>h</sup>-kor földközélen  
21-én 15<sup>h</sup>-kor földtávolban

1987. AUGUSZTUS

0 <sup>h</sup> világidőkor							
Csillagidő ( $\lambda=0^h$ -nál)	A NAP			A HOLD			
	RA	D	látszó sugár	RA	D	látszó sugár	távolság
h m s	h m	° ' "	' "	h m	° ' "	' "	földsg.
20 36 17.0	8 42.6	+18 13	15 47	12 59.4	- 7 34	15 17	61.318
20 40 13.5	8 46.5	+17 57	15 47	13 46.0	-13 19	15 28	60.533
20 44 10.1	8 50.4	+17 42	15 47	14 36.1	-18 39	15 42	59.674
20 48 06.6	8 54.3	+17 27	15 47	15 30.9	-23 13	15 56	58.782
20 52 03.2	8 58.1	+17 11	15 47	16 30.8	-26 36	16 10	57.916
20 55 59.7	9 02.0	+16 55	15 48	17 35.3	-28 22	16 24	57.144
20 59 56.3	9 05.8	+16 38	15 48	18 42.6	-28 11	16 34	56.540
21 03 52.9	9 09.6	+16 21	15 48	19 49.5	-25 55	16 41	56.170
21 07 49.4	9 13.4	+16 04	15 48	20 53.6	-21 46	16 42	56.081
21 11 46.0	9 17.2	+15 47	15 48	21 53.4	-16 12	16 38	56.289
21 15 42.5	9 21.0	+15 30	15 48	22 49.0	- 9 44	16 30	56.779
21 19 39.1	9 24.8	+15 12	15 48	23 41.2	- 2 53	16 17	57.502
21 23 35.6	9 28.6	+14 54	15 49	0 31.2	+ 3 55	16 03	58.388
21 27 32.2	9 32.4	+14 36	15 49	1 20.3	+10 19	15 47	59.359
21 31 28.8	9 36.1	+14 17	15 49	2 09.6	+16 02	15 32	60.335
21 35 25.3	9 39.9	+13 59	15 49	2 59.9	+20 53	15 18	61.248
21 39 21.9	9 43.6	+13 40	15 49	3 51.6	+24 39	15 06	62.047
21 43 18.4	9 47.3	+13 21	15 49	4 44.8	+27 13	14 56	62.697
21 47 15.0	9 51.1	+13 01	15 50	5 38.9	+28 29	14 50	63.182
21 51 11.5	9 54.8	+12 42	15 50	6 33.0	+28 23	14 45	63.499
21 55 08.1	9 58.5	+12 22	15 50	7 26.1	+26 59	14 43	63.655
21 59 04.6	10 02.2	+12 02	15 50	8 17.2	+24 23	14 43	63.665
22 03 01.2	10 05.9	+11 42	15 50	9 06.1	+20 45	14 44	63.549
22 06 57.8	10 09.6	+11 22	15 51	9 52.8	+16 16	14 48	63.325
22 10 54.3	10 13.2	+11 01	15 51	10 37.6	+11 07	14 52	63.010
22 14 50.9	10 16.9	+10 41	15 51	11 21.3	+ 5 30	14 58	62.617
22 18 47.4	10 20.6	+10 20	15 51	12 04.7	- 0 23	15 04	62.155
22 22 44.0	10 24.2	+ 9 59	15 51	12 48.8	- 6 20	15 12	61.628
22 26 40.5	10 27.9	+ 9 38	15 52	13 34.6	-12 09	15 21	61.040
22 30 37.1	10 31.5	+ 9 16	15 52	14 23.3	-17 33	15 31	60.396
22 34 33.7	10 35.2	+ 8 55	15 52	15 15.8	-22 16	15 41	59.707

1987. SZEPTEMBER

Dátum	A hét napjával	Év hányadik hete	Év hányadik napja	Julian dátum (0 <sup>n</sup> UT) 2447 _	Közép-európai zónaidőben Budapesten					
					A NAP			A HOLD		
					kel	delel	nyugszik	kel	nyugszik	fázisai
					h m	h m	h m	h m	h m	h m
1	K		244	039.5	5 02	11 45	18 28	14 08	21 45	4 48 D
2	Sz		245	040.5	5 03	11 44	18 26	15 20	22 43	
3	Cs		246	041.5	5 04	11 44	18 24	16 18	23 57	
4	P		247	042.5	5 06	11 44	18 22	17 02	-- --	
5	Szo		248	043.5	5 07	11 43	18 20	17 34	1 23	
6	V		249	044.5	5 08	11 43	18 18	17 59	2 52	
7	H	36	250	045.5	5 10	11 43	18 16	18 18	4 20	19 13 0
8	K		251	046.5	5 11	11 42	18 14	18 36	5 45	
9	Sz		252	047.5	5 12	11 42	18 12	18 52	7 07	
10	Cs		253	048.5	5 14	11 42	18 10	19 10	8 27	
11	P		254	049.5	5 15	11 41	18 08	19 30	9 46	
12	Szo		255	050.5	5 16	11 41	18 06	19 53	11 04	
13	V		256	051.5	5 18	11 41	18 04	20 23	12 19	
14	H	37	257	052.5	5 19	11 40	18 01	21 03	13 27	
15	K		258	053.5	5 20	11 40	17 59	21 52	14 27	0 44 C
16	Sz		259	054.5	5 22	11 40	17 57	22 50	15 16	
17	Cs		260	055.5	5 23	11 39	17 55	23 55	15 54	
18	P		261	056.5	5 24	11 39	17 53	-- --	16 23	
19	Szo		262	057.5	5 26	11 38	17 51	1 04	16 45	
20	V		263	058.5	5 27	11 38	17 49	2 13	17 02	
21	H	38	264	059.5	5 28	11 38	17 47	3 22	17 18	
22	K		265	060.5	5 30	11 37	17 45	4 31	17 32	
23	Sz		266	061.5	5 31	11 37	17 43	5 40	17 47	4 08 0
24	Cs		267	062.5	5 32	11 37	17 41	6 51	18 01	
25	P		268	063.5	5 34	11 36	17 39	8 04	18 17	
26	Szo		269	064.5	5 35	11 36	17 37	9 20	18 38	
27	V		270	065.5	5 36	11 36	17 35	10 38	19 05	
28	H	39	271	066.5	5 38	11 35	17 33	11 58	19 43	
29	K		272	067.5	5 39	11 35	17 31	13 11	20 34	
30	Sz		273	068.5	5 41	11 35	17 29	14 13	21 42	11 39 D

Hold: 6-án 4<sup>n</sup>-kor földközéleben  
18-án 4<sup>n</sup>-kor földtávolban

## 1987. SZEPTEMBER

0 <sup>n</sup> világitókor							
Csillagidő ( $\lambda=0^h-nál$ )	A NAP			A HOLD			
	RA	D	látászó sugár	RA	D	látászó sugár	távolság
h m s	h m	° ' "	° ' "	h m	° ' "	° ' "	földsg.
22 38 30.2	10 38.0	+ 8 33	15 52	16 12.9	-25 56	15 53	58.994
22 42 26.8	10 42.4	+ 8 12	15 53	17 14.3	-28 09	16 04	58.291
22 46 23.3	10 46.0	+ 7 50	15 53	18 18.8	-28 37	16 15	57.643
22 50 19.9	10 49.7	+ 7 28	15 53	19 24.1	-27 07	16 24	57.106
22 54 16.4	10 53.3	+ 7 06	15 53	20 27.8	-23 45	16 31	56.738
22 58 13.0	10 56.9	+ 6 43	15 53	21 28.2	-18 47	16 33	56.588
23 02 09.5	11 00.5	+ 6 21	15 54	22 24.9	-12 40	16 31	56.689
23 06 06.1	11 04.1	+ 5 59	15 54	23 18.4	- 5 54	16 25	57.045
23 10 02.7	11 07.7	+ 5 36	15 54	0 09.7	+ 1 05	16 15	57.636
23 13 59.2	11 11.3	+ 5 14	15 54	1 00.0	+ 7 50	16 02	58.411
23 17 55.8	11 14.9	+ 4 51	15 55	1 50.3	+14 01	15 48	59.303
23 21 52.3	11 18.5	+ 4 28	15 55	2 41.4	+19 22	15 33	60.239
23 25 48.9	11 22.1	+ 4 05	15 55	3 33.9	+23 38	15 19	61.143
23 29 45.4	11 25.7	+ 3 42	15 55	4 27.0	+26 40	15 07	61.953
23 33 42.0	11 29.2	+ 3 19	15 56	5 22.6	+28 21	14 58	62.619
23 37 38.6	11 32.8	+ 2 56	15 56	6 17.3	+28 40	14 51	63.111
23 41 35.1	11 36.4	+ 2 33	15 56	7 11.0	+27 37	14 46	63.413
23 45 31.7	11 40.0	+ 2 10	15 56	8 02.9	+25 19	14 45	63.526
23 49 28.2	11 43.6	+ 1 47	15 57	8 52.4	+21 57	14 46	63.464
23 53 24.8	11 47.2	+ 1 23	15 57	9 39.7	+17 40	14 49	63.250
23 57 21.3	11 50.8	+ 1 00	15 57	10 25.1	+12 39	14 53	62.914
0 01 17.9	11 54.4	+ 0 37	15 57	11 09.3	+ 7 06	14 59	62.486
0 05 14.4	11 57.9	+ 0 13	15 58	11 53.0	+ 1 12	15 07	61.998
0 09 11.0	12 01.5	- 0 10	15 58	12 37.3	- 4 50	15 14	61.478
0 13 07.6	12 05.1	- 0 33	15 58	13 23.2	-10 47	15 22	60.946
0 17 04.1	12 08.7	- 0 57	15 59	14 11.6	-16 23	15 30	60.415
0 21 00.7	12 12.3	- 1 20	15 59	15 03.5	-21 20	15 38	59.895
0 24 57.2	12 15.9	- 1 44	15 59	15 59.5	-25 16	15 46	59.389
0 28 53.8	12 19.5	- 2 07	15 59	16 59.5	-27 50	15 54	58.903
0 32 50.3	12 23.1	- 2 30	15 60	18 02.2	-28 43	16 02	58.446

Föld: 23-án 14<sup>h</sup>45<sup>m</sup>-kor az ősz kezdete (KözEI)

1987. OKTÓBER

Dátum	A hét napjai	Év hányadik hete	Év hányadik napja	Julián dátum (0 <sup>n</sup> UT) 2447 -	Közép-európai zónaidőben Budapesten					
					A NAP			A HOLD		
					kel	delel	nyugszik	kel	nyugszik	fázisai
					h m	h m	h m	h m	h m	h m
1	Cs		274	069.5	5 42	11 34	17 27	15 00	23 02	
2	P		275	070.5	5 43	11 34	17 25	15 35	-- --	
3	Szo		276	071.5	5 45	11 34	17 23	16 01	0 27	
4	V		277	072.5	5 46	11 33	17 21	16 22	1 53	
5	H	40	278	073.5	5 47	11 33	17 19	16 39	3 17	
6	K		279	074.5	5 49	11 33	17 17	16 56	4 39	
7	Sz		280	075.5	5 50	11 32	17 15	17 13	6 00	5 12 0
8	Cs		281	076.5	5 52	11 32	17 13	17 31	7 19	
9	P		282	077.5	5 53	11 32	17 11	17 54	8 39	
10	Szo		283	078.5	5 54	11 32	17 09	18 21	9 56	
11	V		284	079.5	5 56	11 31	17 07	18 57	11 10	
12	H	41	285	080.5	5 57	11 31	17 05	19 42	12 16	
13	K		286	081.5	5 59	11 31	17 03	20 37	13 10	
14	Sz		287	082.5	6 00	11 31	17 01	21 41	13 52	19 05 C
15	Cs		288	083.5	6 02	11 30	16 59	22 48	14 24	
16	P		289	084.5	6 03	11 30	16 57	23 58	14 49	
17	Szo		290	085.5	6 04	11 30	16 55	-- --	15 08	
18	V		291	086.5	6 06	11 30	16 53	1 07	15 25	
19	H	42	292	087.5	6 07	11 29	16 52	2 15	15 39	
20	K		293	088.5	6 09	11 29	16 50	3 25	15 53	
21	Sz		294	089.5	6 10	11 29	16 48	4 35	16 08	
22	Cs		295	090.5	6 12	11 29	16 46	5 47	16 24	18 28 0
23	P		296	091.5	6 13	11 29	16 44	7 04	16 43	
24	Szo		297	092.5	6 15	11 29	16 43	8 24	17 09	
25	V		298	093.5	6 16	11 29	16 41	9 45	17 43	
26	H	43	299	094.5	6 18	11 28	16 39	11 01	18 30	
27	K		300	095.5	6 19	11 28	16 37	12 08	19 34	
28	Sz		301	096.5	6 21	11 28	16 36	13 00	20 50	
29	Cs		302	097.5	6 22	11 28	16 34	13 37	22 13	18 10 D
30	P		303	098.5	6 24	11 28	16 33	14 05	23 37	
31	Szo		304	099.5	6 25	11 28	16 31	14 27	-- --	

Hold: 4-én 2<sup>n</sup>-kor földközélen  
 15-én 22<sup>n</sup>-kor földtávolban  
 30-án 4<sup>n</sup>-kor földközélen

## 1987. OKTÓBER

 $\theta^h$  világidőkor

Csillagidő ( $\lambda = \theta^h - \text{nál}$ )	A NAP			A HOLD					
	RA		D	látászó sugár	RA		D	látászó sugár	távolság
	h	m	s	h	m	°	'	"	földszug.
0 36 46.9	12 26.8	- 2 54	15 60	19 05.9	-27 46	16 08		58.037	
0 40 43.5	12 30.4	- 3 17	16 00	20 08.3	-25 01	16 14		57.701	
0 44 40.0	12 34.0	- 3 40	16 00	21 07.9	-20 39	16 18		57.472	
0 48 36.6	12 37.6	- 4 03	16 01	22 04.2	-15 04	16 19		57.385	
0 52 33.1	12 41.3	- 4 26	16 01	22 57.4	- 8 39	16 18		57.470	
0 56 29.7	12 44.9	- 4 50	16 01	23 48.6	- 1 49	16 13		57.744	
1 00 26.2	12 48.5	- 5 13	16 02	0 38.8	+ 5 01	16 06		58.204	
1 04 22.8	12 52.2	- 5 36	16 02	1 29.1	+11 30	15 55		58.828	
1 08 19.4	12 55.9	- 5 58	16 02	2 20.4	+17 17	15 43		59.574	
1 12 15.9	12 59.5	- 6 21	16 02	3 13.2	+22 05	15 31		60.384	
1 16 12.5	13 03.2	- 6 44	16 03	4 07.5	+25 41	15 18		61.196	
1 20 09.0	13 06.9	- 7 07	16 03	5 03.1	+27 54	15 07		61.945	
1 24 05.6	13 10.6	- 7 29	16 03	5 58.8	+28 42	14 58		62.577	
1 28 02.1	13 14.3	- 7 52	16 04	6 53.5	+28 05	14 51		63.048	
1 31 58.7	13 18.0	- 8 14	16 04	7 46.3	+26 10	14 47		63.328	
1 35 55.2	13 21.7	- 8 36	16 04	8 36.7	+23 07	14 46		63.407	
1 39 51.8	13 25.4	- 8 58	16 04	9 24.6	+19 07	14 48		63.286	
1 43 48.4	13 29.2	- 9 20	16 05	10 10.4	+14 21	14 52		62.984	
1 47 44.9	13 32.9	- 9 42	16 05	10 54.7	+ 8 58	14 59		62.533	
1 51 41.5	13 36.7	-10 04	16 05	11 38.6	+ 3 10	15 07		61.972	
1 55 38.0	13 40.4	-10 26	16 05	12 22.9	- 2 53	15 16		61.347	
1 59 34.6	13 44.2	-10 47	16 06	13 08.7	- 8 57	15 26		60.705	
2 03 31.1	13 48.0	-11 08	16 06	13 57.0	-14 46	15 35		60.088	
2 07 27.7	13 51.8	-11 29	16 06	14 48.8	-20 00	15 44		59.531	
2 11 24.2	13 55.6	-11 50	16 07	15 44.8	-24 19	15 52		59.057	
2 15 20.8	13 59.4	-12 11	16 07	16 44.9	-27 17	15 58		58.677	
2 19 17.4	14 03.3	-12 32	16 07	17 47.8	-28 36	16 03		58.390	
2 23 13.9	14 07.1	-12 52	16 07	18 51.7	-28 04	16 06		58.191	
2 27 10.5	14 11.0	-13 12	16 08	19 54.2	-25 42	16 08		58.072	
2 31 07.0	14 14.9	-13 32	16 08	20 53.6	-21 46	16 09		58.026	
2 35 03.6	14 18.7	-13 52	16 08	21 49.4	-16 34	16 08		58.056	

1987. NOVEMBER

Dátum	A hét napjai	Ev hányadik hete	Ev hányadik napja	Julián dátum (0 <sup>h</sup> UT) 2447 --	Közép-európai zónaidőben Budapesten					
					A NAP			A HOLD		
					kel	delei	nyugszik	kel	nyugszik	fázisai
					h m	h m	h m	h m	h m	h m
1	V	44	305	100.5	6 27	11 28	16 29	14 45	0 59	
2	H		306	101.5	6 28	11 28	16 28	15 01	2 19	
3	K		307	102.5	6 30	11 28	16 26	15 17	3 38	
4	Sz		308	103.5	6 31	11 28	16 25	15 35	4 55	
5	Cs		309	104.5	6 33	11 28	16 23	15 55	6 14	17 46 0
6	P	45	310	105.5	6 34	11 28	16 22	16 20	7 33	
7	Szo		311	106.5	6 36	11 28	16 20	16 52	8 49	
8	V		312	107.5	6 37	11 28	16 19	17 34	9 59	
9	H		313	108.5	6 39	11 28	16 17	18 25	10 59	
10	K		314	109.5	6 40	11 28	16 16	19 26	11 46	
11	Sz	46	315	110.5	6 42	11 28	16 15	20 33	12 23	
12	Cs		316	111.5	6 43	11 28	16 14	21 42	12 50	
13	P		317	112.5	6 45	11 28	16 12	22 51	13 11	15 38 C
14	Szo		318	113.5	6 46	11 29	16 11	23 59	13 29	
15	V		319	114.5	6 48	11 29	16 10	-- --	13 44	
16	H	47	320	115.5	6 49	11 29	16 09	1 07	13 58	
17	K		321	116.5	6 51	11 29	16 08	2 15	14 12	
18	Sz		322	117.5	6 52	11 29	16 07	3 26	14 27	
19	Cs		323	118.5	6 54	11 30	16 05	4 41	14 46	
20	P		324	119.5	6 55	11 30	16 04	6 00	15 09	
21	Szo	48	325	120.5	6 56	11 30	16 04	7 22	15 40	7 33 0
22	V		326	121.5	6 58	11 30	16 03	8 43	16 23	
23	H		327	122.5	6 59	11 30	16 02	9 56	17 22	
24	K		328	123.5	7 01	11 31	16 01	10 54	18 37	
25	Sz		329	124.5	7 02	11 31	16 00	11 37	20 01	
26	Cs	49	330	125.5	7 03	11 31	15 59	12 08	21 25	
27	P		331	126.5	7 05	11 32	15 59	12 32	22 48	
28	Szo		332	127.5	7 06	11 32	15 58	12 51	-- --	1 37 D
29	V		333	128.5	7 07	11 32	15 57	13 08	0 08	
30	H		334	129.5	7 09	11 33	15 57	13 23	1 25	

Hold: 12-én 19<sup>h</sup>-kor földtávolban  
24-én 16<sup>h</sup>-kor földközélen



## 1987. NOVEMBER

## 0° világitókor

Csillagidő ( $\lambda=0^h$ -nál)	A NAP			A HOLD			
	RA	D	látszó sugár	RA	D	látszó sugár	távolság
h m s	h m	" "	" "	h m	" "	" "	földszug.
2 39 00.1	14 22.6	-14 11	16 08	22 41.9	-10 31	16 06	58.166
2 42 56.7	14 26.5	-14 30	16 09	23 32.2	- 3 59	16 03	58.369
2 46 53.3	14 30.5	-14 50	16 09	0 21.4	+ 2 42	15 58	58.675
2 50 49.8	14 34.4	-15 08	16 09	1 10.5	+ 9 11	15 51	59.088
2 54 46.4	14 38.4	-15 27	16 09	2 00.7	+15 10	15 43	59.603
2 58 42.9	14 42.3	-15 45	16 10	2 52.6	+20 19	15 34	60.204
3 02 39.5	14 46.3	-16 03	16 10	3 46.6	+24 23	15 24	60.857
3 06 36.0	14 50.3	-16 21	16 10	4 42.2	+27 08	15 14	61.523
3 10 32.6	14 54.3	-16 39	16 10	5 38.5	+28 27	15 04	62.152
3 14 29.2	14 58.3	-16 56	16 11	6 34.3	+28 19	14 56	62.595
3 18 25.7	15 02.4	-17 13	16 11	7 28.3	+26 49	14 51	63.107
3 22 22.3	15 06.4	-17 29	16 11	8 19.7	+24 07	14 47	63.350
3 26 18.8	15 10.5	-17 46	16 11	9 08.3	+20 26	14 46	63.399
3 30 15.4	15 14.5	-18 02	16 11	9 54.5	+15 56	14 49	63.244
3 34 11.9	15 18.6	-18 17	16 12	10 38.8	+10 48	14 54	62.888
3 38 08.5	15 22.7	-18 33	16 12	11 22.4	+ 5 12	15 01	62.353
3 42 05.0	15 26.9	-18 48	16 12	12 06.0	- 0 42	15 11	61.677
3 46 01.6	15 31.0	-19 03	16 12	12 50.9	- 6 43	15 23	60.908
3 49 58.2	15 35.2	-19 17	16 13	13 38.2	-12 38	15 35	60.106
3 53 54.7	15 39.3	-19 31	16 13	14 29.1	-18 09	15 47	59.335
3 57 51.3	15 43.5	-19 45	16 13	15 24.5	-22 53	15 58	58.653
4 01 47.8	15 47.7	-19 58	16 13	16 24.6	-26 24	16 07	58.109
4 05 44.4	15 51.9	-20 11	16 13	17 28.5	-28 16	16 13	57.735
4 09 40.9	15 56.1	-20 24	16 14	18 34.1	-28 15	16 17	57.542
4 13 37.5	16 00.3	-20 36	16 14	19 38.6	-26 17	16 17	57.521
4 17 34.1	16 04.6	-20 48	16 14	20 39.8	-22 37	16 15	57.651
4 21 30.6	16 08.8	-20 59	16 14	21 36.9	-17 38	16 11	57.898
4 25 27.2	16 13.1	-21 10	16 14	22 30.1	-11 45	16 05	58.232
4 29 23.7	16 17.4	-21 21	16 14	23 20.3	- 5 22	15 59	58.623
4 33 20.3	16 21.7	-21 31	16 15	0 08.8	+ 1 11	15 52	59.054

## 1987. DECEMBER

Dátum	A hét napjai	Ev hányadik hete	Ev hányadik napja	Julián dátum (0 <sup>h</sup> UT) 2447 ...	Közép-európai zónaidőben Budapesten					
					A NAP			A HOLD		
					kel	delel	nyugszik	kel	nyugszik	fázisai
					h m	h m	h m	h m	h m	h m
1	K		335	130.5	7 10	11 33	15 56	13 40	2 41	
2	Sz		336	131.5	7 11	11 33	15 56	13 59	3 58	
3	Cs		337	132.5	7 12	11 34	15 55	14 22	5 15	
4	P		338	133.5	7 14	11 34	15 55	14 51	6 31	
5	Szo		339	134.5	7 15	11 35	15 54	15 28	7 43	9 01 0
6	V		340	135.5	7 16	11 35	15 54	16 16	8 47	
7	H	49	341	136.5	7 17	11 35	15 54	17 14	9 39	
8	K		342	137.5	7 18	11 36	15 54	18 19	10 20	
9	Sz		343	138.5	7 19	11 36	15 53	19 27	10 51	
10	Cs		344	139.5	7 20	11 37	15 53	20 36	11 14	
11	P		345	140.5	7 21	11 37	15 53	21 44	11 33	
12	Szo		346	141.5	7 22	11 38	15 53	22 51	11 49	
13	V		347	142.5	7 23	11 38	15 53	23 58	12 03	12 41 C
14	H	50	348	143.5	7 24	11 39	15 53	-- --	12 17	
15	K		349	144.5	7 25	11 39	15 53	1 06	12 31	
16	Sz		350	145.5	7 25	11 39	15 54	2 17	12 47	
17	Cs		351	146.5	7 26	11 40	15 54	3 33	13 07	
18	P		352	147.5	7 27	11 40	15 54	4 53	13 34	
19	Szo		353	148.5	7 27	11 41	15 54	6 15	14 12	
20	V		354	149.5	7 28	11 41	15 55	7 34	15 04	19 25 0
21	H	51	355	150.5	7 29	11 42	15 55	8 41	16 14	
22	K		356	151.5	7 29	11 42	15 56	9 32	17 37	
23	Sz		357	152.5	7 30	11 43	15 56	10 09	19 06	
24	Cs		358	153.5	7 30	11 43	15 57	10 35	20 33	
25	P		359	154.5	7 31	11 44	15 57	10 56	21 56	
26	Szo		360	155.5	7 31	11 44	15 58	11 14	23 15	
27	V		361	156.5	7 31	11 45	15 59	11 30	-- --	11 01 D
28	H	52	362	157.5	7 32	11 45	15 59	11 46	0 32	
29	K		363	158.5	7 32	11 46	16 00	12 04	1 48	
30	Sz		364	159.5	7 32	11 46	16 01	12 25	3 04	
31	Cs		365	160.5	7 32	11 47	16 02	12 52	4 19	

Hold: 10-én 15<sup>h</sup>-kor földtávolban  
22-én 12<sup>h</sup>-kor földközélen

## 1987. DECEMBER

0<sup>n</sup> világidőkor

Csillagidő (λ=0 <sup>n</sup> -nál)	A NAP			A HOLD			
	RA	D	látszó sugár	RA	D	látszó sugár	távolság
h m s	h m	° "	° "	h m	° "	° "	földsug.
4 37 16.8	16 26.0	-21 41	16 15	0 56.9	+ 7 35	15 44	59.514
4 41 13.4	16 30.3	-21 51	16 15	1 45.7	+13 34	15 37	59.999
4 45 09.9	16 34.6	-21 60	16 15	2 36.1	+18 52	15 29	60.506
4 49 06.5	16 38.9	-22 08	16 15	3 28.7	+23 12	15 21	61.031
4 53 03.1	16 43.3	-22 16	16 15	4 23.3	+26 19	15 13	61.563
4 56 59.6	16 47.6	-22 24	16 15	5 19.3	+28 05	15 05	62.085
5 00 56.2	16 52.0	-22 31	16 16	6 15.5	+28 23	14 58	62.571
5 04 52.7	16 56.4	-22 38	16 16	7 10.4	+27 18	14 52	62.989
5 08 49.3	17 00.7	-22 45	16 16	8 02.8	+24 56	14 48	63.305
5 12 45.8	17 05.1	-22 51	16 16	8 52.4	+21 31	14 45	63.485
5 16 42.4	17 09.5	-22 56	16 16	9 39.1	+17 15	14 45	63.501
5 20 39.0	17 13.9	-23 01	16 16	10 23.7	+12 21	14 47	63.330
5 24 35.5	17 18.3	-23 06	16 16	11 06.8	+ 6 58	14 53	62.964
5 28 32.1	17 22.7	-23 10	16 16	11 49.6	+ 1 15	15 01	62.408
5 32 28.6	17 27.2	-23 14	16 17	12 33.1	- 4 37	15 11	61.683
5 36 25.2	17 31.6	-23 17	16 17	13 18.5	-10 28	15 24	60.829
5 40 21.7	17 36.0	-23 20	16 17	14 07.1	-16 04	15 38	59.903
5 44 18.3	17 40.4	-23 22	16 17	15 00.1	-21 05	15 53	58.975
5 48 14.8	17 44.9	-23 24	16 17	15 58.3	-25 07	16 07	58.121
5 52 11.4	17 49.3	-23 25	16 17	17 01.5	-27 42	16 19	57.415
5 56 08.0	17 53.8	-23 26	16 17	18 08.0	-28 25	16 27	56.918
6 00 04.5	17 58.2	-23 27	16 17	19 15.0	-27 05	16 32	56.669
6 04 01.1	18 02.6	-23 26	16 17	20 19.6	-23 50	16 32	56.676
6 07 57.6	18 07.1	-23 26	16 17	21 19.9	-19 02	16 27	56.920
6 11 54.2	18 11.5	-23 25	16 17	22 15.8	-13 09	16 20	57.360
6 15 50.7	18 16.0	-23 24	16 17	23 07.8	- 6 42	16 10	57.940
6 19 47.3	18 20.4	-23 22	16 17	23 57.4	- 0 04	15 59	58.603
6 23 43.9	18 24.8	-23 19	16 17	0 45.7	+ 6 25	15 48	59.296
6 27 40.4	18 29.3	-23 16	16 17	1 34.1	+12 29	15 37	59.981
6 31 37.0	18 33.7	-23 13	16 17	2 23.7	+17 52	15 27	60.629
6 35 33.5	18 38.1	-23 09	16 18	3 15.1	+22 21	15 18	61.229

Föld: 22-én 10<sup>n</sup>46<sup>m</sup>-kor a tél kezdete(KözEI)

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

0 <sup>n</sup> világidőkor							
Dátum	P	B <sub>0</sub>	L <sub>0</sub>	Dátum	P	B <sub>0</sub>	L <sub>0</sub>
	°	°	°		°	°	°
I. 1	+ 2.3	-3.0	35.9	VII. 5	- 1.1	+3.3	114.2
6	- 0.1	-3.6	330.1	10	+ 1.1	+3.8	48.1
11	- 2.5	-4.1	264.2	15	+ 3.4	+4.3	341.9
16	- 4.9	-4.6	198.4	20	+ 5.6	+4.8	275.7
21	- 7.2	-5.1	132.5	25	+ 7.7	+5.2	209.6
26	- 9.5	-5.5	66.7	30	+ 9.8	+5.6	143.4
31	-11.6	-5.9	0.9	VIII. 4	+11.8	+6.0	77.3
II. 5	-13.6	-6.3	295.0	9	+13.7	+6.3	11.2
10	-15.5	-6.6	229.2	14	+15.5	+6.6	305.1
15	-17.3	-6.8	163.4	19	+17.2	+6.8	239.0
20	-18.9	-7.0	97.5	24	+18.7	+7.0	172.9
25	-20.4	-7.2	31.7	29	+20.2	+7.1	106.9
III. 2	-21.7	-7.2	325.8	IX. 3	+21.5	+7.2	40.8
7	-22.9	-7.3	260.0	8	+22.6	+7.3	334.8
12	-23.9	-7.2	194.1	13	+23.6	+7.2	268.7
17	-24.7	-7.1	128.2	18	+24.5	+7.2	202.7
22	-25.4	-7.0	62.3	23	+25.2	+7.0	136.7
27	-25.9	-6.8	356.3	28	+25.7	+6.9	70.7
IV. 1	-26.2	-6.6	290.4	X. 3	+26.1	+6.6	4.8
6	-26.3	-6.3	224.4	8	+26.3	+6.4	298.8
11	-26.3	-5.9	158.4	13	+26.3	+6.0	232.8
16	-26.0	-5.6	92.4	18	+26.1	+5.7	166.8
21	-25.6	-5.1	26.4	23	+25.8	+5.3	100.9
26	-25.0	-4.7	320.3	28	+25.2	+4.8	35.0
V. 1	-24.3	-4.2	254.2	XI. 2	+24.5	+4.3	329.1
6	-23.3	-3.7	188.2	7	+23.5	+3.8	263.1
11	-22.2	-3.2	122.1	12	+22.4	+3.2	197.2
16	-20.9	-2.6	55.9	17	+21.0	+2.7	131.3
21	-19.4	-2.0	349.8	22	+19.5	+2.1	65.4
26	-17.8	-1.4	283.6	27	+17.8	+1.4	359.5
31	-16.0	-0.8	217.5	XII. 2	+15.9	+0.8	293.6
VI. 5	-14.1	-0.2	151.3	7	+13.9	+0.2	227.7
10	-12.1	+0.4	85.1	12	+11.8	-0.5	161.8
15	-10.0	+1.0	19.0	17	+ 9.5	-1.1	95.9
20	- 7.9	+1.6	312.8	22	+ 7.2	-1.8	30.1
25	- 5.7	+2.2	246.6	27	+ 4.8	-2.4	324.2
30	- 3.4	+2.7	180.4				

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

### III. Bolygókorongok megvilágítása és a Szaturnusz gyűrűje

Dátum	Merkur		Vénusz		Mars		Szaturnusz	
	K	I	K	I	K	I	a	b
	%	°	%	°	%	°	°	°
I. 1	98	15	41	100	88	41	34.43	15.37
11	100	5	47	93	88	40	34.69	15.50
21	98	14	53	87	89	39	35.03	15.66
31	90	37	57	81	90	37	35.44	15.85
II. 10	61	77	62	76	91	36	35.91	16.05
20	16	133	66	72	91	34	36.44	16.28
III. 2	2	164	69	67	92	33	37.02	16.53
12	22	123	73	63	93	31	37.64	16.80
22	44	97	76	59	94	29	38.28	17.07
IV. 1	59	79	78	55	94	28	38.92	17.35
11	72	64	81	51	95	26	39.54	17.62
21	84	47	84	48	96	24	40.12	17.87
V. 1	96	22	86	44	96	22	40.64	18.10
11	98	14	88	40	97	20	41.07	18.29
21	79	55	90	36	97	19	41.39	18.43
31	54	86	92	33	98	17	41.58	18.52
VI. 10	32	111	94	29	98	15	41.64	18.55
20	14	135	95	25	99	13	41.57	18.51
30	2	163	97	21	99	11	41.36	18.42
VII. 10	4	156	98	17	99	9	41.03	18.28
20	23	123	99	13	100	7	40.59	18.09
30	53	86	99	10	100	5	40.07	17.87
VIII. 9	87	43	100	6	100	3	39.49	17.62
19	100	6	100	3	100	1	38.87	17.36
29	96	22	100	3	100	1	38.23	17.10
IX. 8	89	39	100	6	100	3	37.60	16.85
18	81	52	99	10	100	5	36.99	16.60
28	70	66	99	14	100	7	36.41	16.37
X. 8	53	86	98	17	99	9	35.88	16.16
18	26	119	97	21	99	11	35.41	15.97
28	0	177	96	24	99	13	35.00	15.80
XI. 7	30	113	94	27	98	15	34.65	15.67
17	71	65	93	31	98	17	34.39	15.55
27	90	37	91	34	97	19	34.20	15.47
XII. 7	97	20	90	38	97	21	34.08	15.41
17	100	0	88	41	96	23	34.05	15.38
27	100	6	86	45	95	25	34.10	15.38

K: a bolygó korongjának a Nap által megvilágított hányada  
 I: a bolygó centrumából nézve a Nap és a Föld látszólagos szög távolsága  
 a és b: a Szaturnusz gyűrűjének látszólagos nagy- és kistengelye

## IV. A szabad szemmel

## Merkur

Dátum	0 <sup>n</sup> világidőkor						KözEi-ben Budapesten						
	RA		D	látászó sugár	r	m	kel	delel	nyugszik				
	h	m	°	'	"	cs. e.	magn.	h	m	h	m		
I. 1	18	14.0	-24	34	2.34	1.43	-0.6	7	14	11	19	15	24
6	18	48.8	-24	33	2.32	1.44	-0.7	7	29	11	34	15	40
11	19	24.1	-23	56	2.33	1.43	-0.9	7	41	11	50	15	59
16	19	59.6	-22	42	2.36	1.41	-0.9	7	50	12	06	16	22
21	20	35.1	-20	50	2.43	1.38	-1.0	7	55	12	22	16	48
26	21	10.1	-18	19	2.53	1.32	-1.0	7	57	12	37	17	17
31	21	43.9	-15	12	2.69	1.24	-1.0	7	55	12	51	17	46
II. 5	22	14.9	-11	40	2.94	1.14	-0.8	7	50	13	01	18	13
10	22	40.5	- 8	05	3.31	1.01	-0.5	7	39	13	06	18	34
15	22	56.2'	- 5	06	3.84	0.87	+0.1	7	20	13	01	18	41
20	22	58.0	- 3	33	4.49	0.74	+1.1	6	55	12	41	18	28
25	22	45.6	- 3	57	5.07	0.66	+2.3	6	24	12	09	17	53
III. 2	22	26.6	- 5	55	5.32	0.63	+2.6	5	55	11	31	17	06
7	22	11.4	- 8	14	5.18	0.64	+1.7	5	31	10	57	16	23
12	22	06.0	- 9	59	4.82	0.69	+1.1	5	14	10	33	15	51
17	22	10.6	-10	48	4.41	0.76	+0.8	5	03	10	18	15	33
22	22	23.0	-10	43	4.03	0.83	+0.6	4	55	10	11	15	27
27	22	40.8	- 9	51	3.70	0.90	+0.5	4	50	10	10	15	30
IV. 1	23	02.4	- 8	17	3.42	0.98	+0.4	4	45	10	12	15	39
6	23	26.9	- 6	08	3.19	1.05	+0.2	4	40	10	17	15	54
11	23	53.6	- 3	27	3.00	1.11	+0.1	4	35	10	24	16	13
16	0	22.4	- 0	17	2.84	1.18	-0.2	4	31	10	33	16	36
21	0	53.5	+ 3	18	2.71	1.23	-0.5	4	26	10	45	17	04
26	1	27.1	+ 7	14	2.60	1.28	-0.8	4	23	10	59	17	35
V. 1	2	03.7	+11	22	2.54	1.32	-1.3	4	21	11	16	18	12
6	2	43.6	+15	32	2.52	1.33	-1.8	4	21	11	37	18	53
11	3	26.3	+19	21	2.56	1.31	-1.7	4	24	12	00	19	36
16	4	10.1	+22	26	2.67	1.25	-1.3	4	31	12	24	20	17
21	4	52.6	+24	30	2.86	1.17	-0.8	4	42	12	47	20	51
26	5	31.4	+25	30	3.13	1.07	-0.3	4	54	13	05	21	16
31	6	05.1	+25	36	3.46	0.97	+0.2	5	07	13	18	21	30
VI. 5	6	32.7	+25	00	3.85	0.87	+0.5	5	19	13	26	21	32
10	6	53.5	+23	55	4.30	0.78	+0.9	5	26	13	26	21	25
15	7	06.8	+22	34	4.79	0.70	+1.3	5	27	13	18	21	10
20	7	12.0	+21	09	5.27	0.63	+1.7	5	21	13	03	20	46
25	7	09.2	+19	51	5.69	0.59	+2.2	5	05	12	40	20	15
30	6	59.7	+18	52	5.92	0.56	+2.8	4	41	12	11	19	40

## látható bolygók adatai

## Merkur

Dátum	0 <sup>n</sup> világidőkor					KözEI-ben Budapesten		
	RA	D	látszó sugár	r	m	kel	delel	nyugszik
	h m	" "	"	cs. e.	magn.	h m	h m	h m
VII. 5	6 47.0	+18 20	5.89	0.57	+3.0	4 12	11 38	19 05
10	6 35.9	+18 21	5.56	0.60	+2.4	3 41	11 08	18 36
15	6 31.3	+18 52	5.04	0.66	+1.7	3 14	10 45	18 15
20	6 35.6	+19 43	4.45	0.75	+1.1	2 55	10 31	18 06
25	6 50.1	+20 37	3.88	0.86	+0.5	2 45	10 26	18 07
30	7 14.3	+21 15	3.40	0.98	-0.1	2 46	10 31	18 17
VIII. 4	7 47.2	+21 13	3.02	1.11	-0.7	3 00	10 45	18 31
9	8 26.3	+20 12	2.74	1.22	-1.2	3 25	11 05	18 45
14	9 07.8	+18 05	2.57	1.30	-1.5	3 58	11 27	18 55
19	9 48.5	+15 07	2.48	1.35	-1.6	4 34	11 47	19 01
24	10 26.4	+11 34	2.44	1.37	-1.3	5 09	12 05	19 01
29	11 01.3	+ 7 46	2.45	1.37	-0.9	5 42	12 20	18 59
IX. 3	11 33.3	+ 3 53	2.48	1.35	-0.6	6 11	12 32	18 53
8	12 03.1	+ 0 04	2.54	1.32	-0.3	6 38	12 42	18 46
13	12 31.0	- 3 37	2.62	1.27	-0.1	7 02	12 50	18 38
18	12 57.2	- 7 06	2.73	1.22	0.0	7 24	12 57	18 29
23	13 22.0	-10 19	2.87	1.16	+0.1	7 44	13 01	18 19
28	13 45.2	-13 12	3.05	1.09	+0.2	8 00	13 05	18 09
X. 3	14 06.1	-15 40	3.28	1.02	+0.2	8 13	13 06	17 58
8	14 23.7	-17 35	3.58	0.93	+0.3	8 20	13 03	17 45
13	14 35.6	-18 45	3.96	0.84	+0.5	8 18	12 54	17 30
18	14 38.5	-18 47	4.41	0.76	+0.9	8 00	12 36	17 12
23	14 29.1	-17 14	4.84	0.69	+1.7	7 23	12 06	16 49
28	14 08.7	-13 59	4.98	0.67	+3.1	6 27	11 26	16 25
XI. 2	13 49.6	-10 29	4.64	0.72	+1.6	5 33	10 49	16 05
7	13 44.6	- 8 49	4.04	0.83	+0.4	5 01	10 25	15 50
12	13 55.2	- 9 21	3.48	0.96	-0.2	4 55	10 17	15 39
17	14 15.9	-11 18	3.08	1.09	-0.5	5 05	10 19	15 32
22	14 42.1	-13 50	2.80	1.19	-0.6	5 24	10 25	15 27
27	15 11.2	-16 28	2.61	1.28	-0.6	5 46	10 35	15 24
XII. 2	15 41.9	-18 56	2.48	1.35	-0.6	6 10	10 46	15 22
7	16 13.8	-21 05	2.39	1.40	-0.6	6 33	10 58	15 23
12	16 46.6	-22 50	2.34	1.43	-0.6	6 56	11 12	15 27
17	17 20.4	-24 06	2.31	1.44	-0.7	7 18	11 26	15 34
22	17 54.9	-24 52	2.31	1.45	-0.8	7 37	11 41	15 44
27	18 30.0	-25 03	2.33	1.44	-0.8	7 51	11 53	15 54

## IV. A szabad szemmel

## Vénusz

Dátum	0 <sup>h</sup> világidőkor					KözEI-ben Budapesten		
	RA	D	látászó sugár	r	m	kel	delel	nyugszik
	h m	° ' "	"	cs. e.	magn.	h m	h m	h m
I. 1	15 30.6	-15 14	15.01	0.56	-4.2	3 40	8 34	13 29
6	15 49.1	-16 14	14.07	0.60	-4.2	3 44	8 33	13 23
11	16 08.7	-17 14	13.23	0.64	-4.1	3 48	8 33	13 18
16	16 29.2	-18 11	12.48	0.67	-4.1	3 54	8 34	13 14
21	16 50.7	-19 02	11.81	0.71	-4.0	4 00	8 36	13 11
26	17 12.9	-19 46	11.21	0.75	-4.0	4 07	8 38	13 10
31	17 35.9	-20 21	10.67	0.79	-3.9	4 13	8 42	13 10
II. 5	17 59.4	-20 45	10.19	0.83	-3.9	4 19	8 46	13 12
10	18 23.3	-20 56	9.74	0.86	-3.8	4 24	8 50	13 15
15	18 47.6'	-20 55	9.34	0.90	-3.8	4 29	8 54	13 20
20	19 12.1	-20 40	8.97	0.94	-3.7	4 32	8 59	13 26
25	19 36.7	-20 10	8.64	0.97	-3.7	4 34	9 04	13 34
III. 2	20 01.3	-19 27	8.33	1.01	-3.7	4 36	9 09	13 42
7	20 25.8	-18 30	8.05	1.04	-3.6	4 35	9 14	13 52
12	20 50.1	-17 20	7.79	1.08	-3.6	4 34	9 18	14 03
17	21 14.2	-15 57	7.55	1.11	-3.6	4 31	9 23	14 14
22	21 37.9	-14 23	7.32	1.15	-3.5	4 28	9 27	14 25
27	22 01.4	-12 39	7.12	1.18	-3.5	4 23	9 30	14 37
IV. 1	22 24.6	-10 46	6.93	1.21	-3.5	4 18	9 34	14 50
6	22 47.5	- 8 45	6.75	1.25	-3.4	4 12	9 37	15 02
11	23 10.2	- 6 38	6.58	1.28	-3.4	4 06	9 40	15 14
16	23 32.6	- 4 26	6.43	1.31	-3.4	3 59	9 43	15 27
21	23 55.0	- 2 10	6.28	1.34	-3.4	3 51	9 45	15 39
26	0 17.3	+ 0 08	6.15	1.37	-3.4	3 44	9 48	15 52
V. 1	0 39.5	+ 2 27	6.02	1.40	-3.3	3 36	9 50	16 05
6	1 01.9	+ 4 46	5.91	1.42	-3.3	3 29	9 53	16 18
11	1 24.4	+ 7 03	5.80	1.45	-3.3	3 21	9 56	16 31
16	1 47.1	+ 9 16	5.70	1.48	-3.3	3 14	9 59	16 44
21	2 10.1	+11 25	5.61	1.50	-3.3	3 08	10 02	16 57
26	2 33.5	+13 20	5.52	1.52	-3.3	3 02	10 06	17 11
31	2 57.3	+15 23	5.44	1.55	-3.3	2 56	10 10	17 24
VI. 5	3 21.5	+17 08	5.36	1.57	-3.3	2 52	10 15	17 37
10	3 46.2	+18 44	5.30	1.59	-3.3	2 49	10 20	17 51
15	4 11.3	+20 07	5.23	1.61	-3.3	2 46	10 25	18 04
20	4 36.8	+21 17	5.18	1.62	-3.3	2 46	10 31	18 16
25	5 02.8	+22 12	5.13	1.64	-3.3	2 47	10 37	18 28
30	5 29.1	+22 52	5.08	1.66	-3.3	2 50	10 44	18 38



látható bolygók adatai

Vénusz

Dátum	0 <sup>h</sup> világidőkor					KözEI-ben Budapesten		
	RA	D	látászó sugár	r	m	kel	delel	nyugszik
	h m	° ' "	"	cs. e.	magn.	h m	h m	h m
VII. 5	5 55.6	+23 16	5.04	1.67	-3.3	2 54	10 51	18 47
10	6 22.2	+23 23	5.00	1.68	-3.4	3 00	10 50	18 55
15	6 48.9	+23 12	4.97	1.69	-3.4	3 08	11 05	19 01
20	7 15.5	+22 45	4.94	1.70	-3.4	3 18	11 11	19 05
25	7 41.9	+22 00	4.92	1.71	-3.4	3 29	11 18	19 07
30	8 08.0	+21 00	4.90	1.72	-3.4	3 41	11 24	19 08
VIII. 4	8 33.7	+19 44	4.88	1.72	-3.4	3 54	11 30	19 07
9	8 59.0	+18 14	4.87	1.73	-3.5	4 07	11 36	19 05
14	9 23.9	+16 32	4.87	1.73	-3.5	4 21	11 41	19 01
19	9 48.3	+14 38	4.86	1.73	-3.5	4 36	11 46	18 56
24	10 12.3	+12 34	4.86	1.73	-3.5	4 50	11 50	18 50
29	10 35.9	+10 21	4.87	1.73	-3.5	5 04	11 54	18 44
IX. 3	10 59.2	+ 8 01	4.88	1.72	-3.5	5 18	11 57	18 37
8	11 22.2	+ 5 36	4.89	1.72	-3.5	5 32	12 01	18 29
13	11 45.0	+ 3 06	4.91	1.71	-3.4	5 47	12 04	18 21
18	12 07.7	+ 0 35	4.93	1.71	-3.4	6 01	12 07	18 13
23	12 30.4	- 1 58	4.95	1.70	-3.4	6 15	12 10	18 05
28	12 53.2	- 4 30	4.98	1.69	-3.4	6 29	12 13	17 57
X. 3	13 16.1	- 7 01	5.01	1.68	-3.4	6 43	12 16	17 49
8	13 39.2	- 9 27	5.04	1.67	-3.4	6 58	12 20	17 41
13	14 02.7	-11 48	5.08	1.66	-3.4	7 12	12 23	17 34
18	14 26.6	-14 03	5.12	1.64	-3.3	7 27	12 28	17 28
23	14 50.9	-16 08	5.17	1.63	-3.3	7 42	12 32	17 23
28	15 15.7	-18 04	5.22	1.61	-3.3	7 57	12 37	17 18
XI. 2	15 41.0	-19 48	5.27	1.60	-3.3	8 11	12 43	17 15
7	16 06.8	-21 18	5.33	1.58	-3.3	8 26	12 49	17 13
12	16 33.1	-22 33	5.39	1.56	-3.3	8 39	12 56	17 12
17	16 59.8	-23 32	5.46	1.54	-3.3	8 52	13 03	17 14
22	17 26.8	-24 14	5.53	1.52	-3.3	9 03	13 10	17 17
27	17 54.1	-24 38	5.61	1.50	-3.3	9 13	13 18	17 22
XII. 2	18 21.5	-24 42	5.69	1.48	-3.3	9 21	13 25	17 29
7	18 48.7	-24 28	5.77	1.46	-3.4	9 27	13 33	17 38
12	19 15.8	-23 56	5.87	1.43	-3.4	9 32	13 40	17 49
17	19 42.6	-23 05	5.97	1.41	-3.4	9 34	13 47	18 01
22	20 08.9	-21 58	6.07	1.39	-3.4	9 34	13 54	18 14
27	20 34.8	-20 34	6.18	1.36	-3.4	9 30	13 57	18 24

## IV. A szabad szemmel

## Mars

Dátum	0 <sup>h</sup> világidőkor					KözEI-ben Budapesten		
	RA	D	látszó sugár	r	m	kel	delel	nyugszik
	h m	° ' "	"	cs. e.	magn.	h m	h m	h m
I. 1	23 41.4	- 2 31	3.48	1.35	+0.8	10 52	16 44	22 36
11	0 06.7	+ 0 27	3.28	1.43	+0.9	10 25	16 30	22 35
21	0 32.1	+ 3 24	3.10	1.51	+1.0	9 58	16 16	22 34
31	0 57.7	+ 6 16	2.94	1.59	+1.1	9 32	16 02	22 33
II. 10	1 23.4	+ 9 03	2.79	1.68	+1.2	9 05	15 49	22 32
20	1 49.4	+11 41	2.66	1.76	+1.3	8 40	15 35	22 31
III. 2	2 15.8	+14 09	2.54	1.84	+1.4	8 15	15 22	22 30
12	2 42.6	+16 25	2.44	1.92	+1.5	7 51	15 10	22 28
22	3 09.8	+18 27	2.34	2.00	+1.6	7 29	14 58	22 26
IV. 1	3 37.4	+20 14	2.26	2.07	+1.7	7 07	14 46	22 24
11	4 05.4	+21 43	2.18	2.15	+1.7	6 47	14 34	22 21
21	4 33.7	+22 54	2.11	2.21	+1.8	6 30	14 23	22 17
V. 1	5 02.3	+23 46	2.05	2.28	+1.8	6 14	14 12	22 11
11	5 31.0	+24 18	2.00	2.34	+1.9	6 00	14 02	22 04
21	5 59.6	+24 31	1.95	2.40	+1.9	5 48	13 51	21 54
31	6 28.2	+24 23	1.91	2.45	+1.9	5 37	13 40	21 43
VI. 10	6 56.4	+23 56	1.87	2.50	+2.0	5 29	13 29	21 29
20	7 24.3	+23 11	1.84	2.54	+2.0	5 22	13 17	21 13
30	7 51.7	+22 08	1.81	2.58	+2.0	5 16	13 05	20 54
VII. 10	8 18.6	+20 49	1.79	2.61	+2.0	5 11	12 53	20 34
20	8 44.9	+19 16	1.77	2.64	+2.0	5 06	12 40	20 13
30	9 10.7	+17 29	1.76	2.66	+2.0	5 02	12 26	19 50
VIII. 9	9 35.9	+15 31	1.75	2.67	+2.0	4 58	12 12	19 26
19	10 00.6	+13 23	1.75	2.68	+2.0	4 53	11 57	19 00
29	10 24.9	+11 07	1.75	2.68	+2.0	4 49	11 42	18 34
IX. 8	10 48.9	+ 8 44	1.75	2.67	+2.0	4 45	11 26	18 00
18	11 12.6	+ 6 15	1.76	2.65	+2.0	4 40	11 11	17 41
28	11 36.2	+ 3 43	1.78	2.63	+2.0	4 36	10 55	17 14
X. 8	11 59.7	+ 1 08	1.80	2.61	+2.0	4 31	10 39	16 47
18	12 23.2	- 1 28	1.82	2.57	+2.0	4 26	10 23	16 20
28	12 46.9	- 4 02	1.85	2.53	+2.0	4 22	10 07	15 53
XI. 7	13 10.9	- 6 34	1.88	2.49	+2.0	4 18	9 52	15 26
17	13 35.1	- 9 03	1.92	2.44	+2.0	4 14	9 37	15 00
27	13 59.9	-11 25	1.97	2.38	+1.9	4 10	9 22	14 34
XII. 7	14 25.1	-13 40	2.02	2.32	+1.9	4 06	9 08	14 10
17	14 50.9	-15 46	2.08	2.25	+1.8	4 03	8 54	13 46
27	15 17.3	-17 40	2.15	2.18	+1.8	3 59	8 40	13 22

## látható bolygók adatai

## Jupiter

Dátum	0 <sup>h</sup> világidőkor					KözEI-ben Budapesten		
	RA	D	látászó sugár	r	■	kel	delel	nyugszik
	h m	° ′	"	cs. e.	magn.	h m	h m	h m
I. 1	23 16.0	- 6 03	17.49	5.25	-1.8	10 41	16 17	21 53
11	23 22.1	- 5 22	17.03	5.40	-1.8	10 05	15 44	21 23
21	23 29.0	- 4 36	16.63	5.53	-1.7	9 29	15 11	20 54
31	23 36.4	- 3 47	16.29	5.64	-1.7	8 54	14 40	20 26
II. 10	23 44.3	- 2 55	16.01	5.74	-1.7	8 18	14 08	19 58
20	23 52.5	- 2 01	15.79	5.82	-1.6	7 43	13 37	19 31
III. 2	0 01.1	- 1 04	15.62	5.88	-1.6	7 08	13 06	19 04
12	0 09.8	- 0 07	15.51	5.93	-1.6	6 34	12 36	18 38
22	0 18.7	+ 0 50	15.45	5.95	-1.6	5 59	12 05	18 11
IV. 1	0 27.5	+ 1 48	15.44	5.95	-1.6	5 24	11 35	17 45
11	0 36.4	+ 2 45	15.49	5.93	-1.6	4 50	11 04	17 19
21	0 45.2	+ 3 40	15.59	5.90	-1.6	4 15	10 34	16 52
V. 1	0 53.8	+ 4 34	15.74	5.84	-1.6	3 40	10 03	16 25
11	1 02.2	+ 5 25	15.94	5.77	-1.7	3 06	9 32	15 58
21	1 10.2	+ 6 13	16.20	5.67	-1.7	2 31	9 01	15 30
31	1 17.9	+ 6 58	16.51	5.57	-1.7	1 56	8 29	15 02
VI. 10	1 25.0	+ 7 39	16.87	5.45	-1.8	1 21	7 57	14 33
20	1 31.6	+ 8 16	17.29	5.31	-1.8	0 45	7 24	14 03
30	1 37.5	+ 8 48	17.77	5.17	-1.9	0 09	6 51	13 32
VII. 10	1 42.6	+ 9 15	18.29	5.03	-1.9	23 33	6 16	13 00
20	1 46.7	+ 9 36	18.86	4.87	-2.0	22 56	5 41	12 26
30	1 49.9	+ 9 51	19.47	4.72	-2.1	22 19	5 05	11 51
VIII. 9	1 51.9	+10 00	20.11	4.57	-2.2	21 41	4 28	11 14
19	1 52.7	+10 02	20.75	4.43	-2.2	21 02	3 49	10 36
29	1 52.2	+ 9 57	21.38	4.30	-2.3	20 23	3 09	9 56
IX. 8	1 50.5	+ 9 45	21.97	4.18	-2.3	19 43	2 28	9 14
18	1 47.6	+ 9 27	22.48	4.09	-2.4	19 02	1 46	8 30
28	1 43.7	+ 9 03	22.88	4.02	-2.4	18 16	1 03	7 45
X. 8	1 39.1	+ 8 36	23.13	3.97	-2.5	17 35	0 19	6 59
18	1 34.1	+ 8 07	23.21	3.96	-2.5	16 52	23 31	6 13
28	1 29.0	+ 7 38	23.11	3.98	-2.5	16 10	22 46	5 26
XI. 7	1 24.4	+ 7 12	22.84	4.02	-2.4	15 28	22 02	4 40
17	1 20.4	+ 6 51	22.42	4.10	-2.4	14 47	21 19	3 56
27	1 17.4	+ 6 36	21.89	4.20	-2.3	14 05	20 37	3 12
XII. 7	1 15.6	+ 6 28	21.27	4.32	-2.3	13 25	19 56	2 30
17	1 15.1	+ 6 28	20.61	4.46	-2.2	12 45	19 16	1 51
27	1 15.8	+ 6 36	19.94	4.61	-2.1	12 06	18 37	1 13

IV. A szabad szemmel látható bolygók adatai  
Szaturnusz

Dátum	0 <sup>h</sup> világitdőkör					KizEI-ben Budapesten			
	RA		D	látszó sugár	r	m	kel	delel	nyvgszik
	h m	" "	"	cs. e.	magn.	h m	h m	h m	
I. 1	16 57.2	-21 10	6.84	10.77	+0.7	5 36	9 59	14 23	
11	17 01.8	-21 17	6.89	10.82	+0.7	5 02	9 25	13 47	
21	17 06.2	-21 22	6.96	10.72	+0.7	4 27	8 50	13 12	
31	17 10.1	-21 27	7.04	10.59	+0.8	3 53	8 14	12 36	
II. 10	17 13.6	-21 30	7.13	10.45	+0.8	3 17	7 39	12 00	
20	17 16.6	-21 33	7.24	10.30	+0.7	2 41	7 02	11 23	
III. 2	17 18.9	-21 34	7.36	10.14	+0.7	2 04	6 25	10 46	
12	17 20.6	-21 35	7.48	9.97	+0.7	1 26	5 48	10 09	
22	17 21.7	-21 35	7.60	9.81	+0.6	0 48	5 09	9 30	
IV. 1	17 22.0	-21 34	7.73	9.64	+0.6	0 09	4 30	8 51	
11	17 21.6	-21 33	7.86	9.49	+0.5	23 25	3 51	8 12	
21	17 20.5	-21 31	7.97	9.36	+0.5	22 45	3 10	7 32	
V. 1	17 18.8	-21 29	8.07	9.24	+0.4	22 04	2 29	6 51	
11	17 16.5	-21 26	8.16	9.14	+0.4	21 22	1 48	6 09	
21	17 13.8	-21 23	8.22	9.07	+0.3	20 39	1 05	5 28	
31	17 10.8	-21 20	8.26	9.03	+0.2	19 57	0 23	4 46	
VI. 10	17 07.6	-21 17	8.27	9.01	+0.2	19 14	23 37	4 03	
20	17 04.5	-21 14	8.26	9.03	+0.2	18 31	22 54	3 21	
30	17 01.5	-21 11	8.22	9.08	+0.3	17 49	22 12	2 39	
VII. 10	16 58.9	-21 08	8.15	9.15	+0.4	17 07	21 30	1 58	
20	16 56.7	-21 07	8.06	9.25	+0.4	16 25	20 49	1 16	
30	16 55.0	-21 06	7.96	9.37	+0.5	15 44	20 08	0 35	
VIII. 9	16 53.9	-21 06	7.85	9.50	+0.6	15 04	19 27	23 51	
19	16 53.6	-21 08	7.72	9.66	+0.6	14 24	18 48	23 11	
29	16 53.9	-21 10	7.60	9.82	+0.7	13 45	18 09	22 32	
IX. 8	16 54.9	-21 14	7.47	9.98	+0.7	13 07	17 30	21 53	
18	16 56.5	-21 19	7.35	10.15	+0.7	12 30	16 53	21 15	
28	16 58.8	-21 24	7.23	10.31	+0.7	11 53	16 15	20 38	
X. 8	17 01.7	-21 30	7.13	10.46	+0.8	11 17	15 39	20 01	
18	17 05.1	-21 36	7.03	10.60	+0.8	10 42	15 03	19 24	
28	17 09.0	-21 43	6.95	10.73	+0.8	10 07	14 28	18 48	
XI. 7	17 13.3	-21 49	6.88	10.83	+0.7	9 33	13 53	18 12	
17	17 17.9	-21 55	6.83	10.92	+0.7	8 59	13 18	17 37	
27	17 22.7	-22 01	6.79	10.98	+0.7	8 25	12 43	17 02	
XII. 7	17 27.7	-22 06	6.77	11.01	+0.7	7 51	12 09	16 27	
17	17 32.8	-22 10	6.76	11.02	+0.6	7 17	11 35	15 53	
27	17 37.9	-22 14	6.77	11.01	+0.7	6 43	11 01	15 18	

IVa. Az Uránusz és Neptunusz adatai

Dátum	0 <sup>n</sup> világidőkor					KözEI-ben, Budapesten		
	RA	D	látászó sugár	r	m	kel	delel	nyugszik
	h m	° ' "	"	cs. e.	magn.	h m	h m	h m
<b>Uránusz</b>								
I. 1	17 32.1	-23 24	1.70	20.12	+6.1	6 23	10 34	14 45
31	17 39.1	-23 28	1.73	19.87	+6.1	4 33	8 43	12 54
III. 2	17 44.0	-23 31	1.76	19.44	+6.0	2 40	6 50	11 00
IV. 1	17 45.7	-23 32	1.81	18.93	+6.0	0 44	4 54	9 04
V. 1	17 44.1	-23 32	1.85	18.50	+5.9	22 40	2 54	7 04
31	17 39.9	-23 30	1.88	18.24	+5.9	20 38	0 52	5 02
VI.30	17 34.6	-23 28	1.88	18.22	+5.9	18 35	22 45	2 59
VII.30	17 30.2	-23 25	1.86	18.47	+5.9	16 32	20 43	0 57
VIII.29	17 28.3	-23 24	1.81	18.89	+6.0	14 32	18 43	22 54
IX.28	17 29.5	-23 25	1.77	19.40	+6.0	12 35	16 46	20 57
X.28	17 33.9	-23 28	1.73	19.86	+6.1	10 42	14 53	19 03
XI.27	17 40.6	-23 32	1.70	20.16	+6.1	8 51	13 01	17 11
XII.27	17 48.5	-23 35	1.70	20.22	+6.1	7 01	11 11	15 21
<b>Neptunusz</b>								
I. 1	18 24.6	-22 18	1.17	31.22	+7.8	7 10	11 27	15 44
31	18 29.3	-22 15	1.18	31.05	+7.8	5 16	9 33	13 51
III. 2	18 32.8	-22 12	1.19	30.67	+7.8	3 21	7 39	11 56
IV. 1	18 34.5	-22 10	1.21	30.18	+7.8	1 25	5 43	10 00
V. 1	18 34.1	-22 10	1.23	29.69	+7.7	23 22	3 44	8 02
31	18 31.8	-22 11	1.25	29.34	+7.7	21 22	1 44	6 02
VI.30	18 28.5	-22 13	1.25	29.22	+7.7	19 21	23 39	4 00
VII.30	18 25.2	-22 16	1.25	29.35	+7.7	17 20	21 38	1 59
VIII.29	18 23.1	-22 18	1.23	29.71	+7.7	15 20	19 37	23 55
IX.28	18 22.8	-22 20	1.21	30.20	+7.8	13 22	17 39	21 56
X.28	18 24.6	-22 20	1.19	30.69	+7.8	11 26	15 43	20 00
XI.27	18 28.2	-22 19	1.18	31.06	+7.8	9 32	13 49	18 06
XII.27	18 32.9	-22 16	1.17	31.21	+7.8	7 38	11 55	16 13

V. A bolygók heliocentrikus

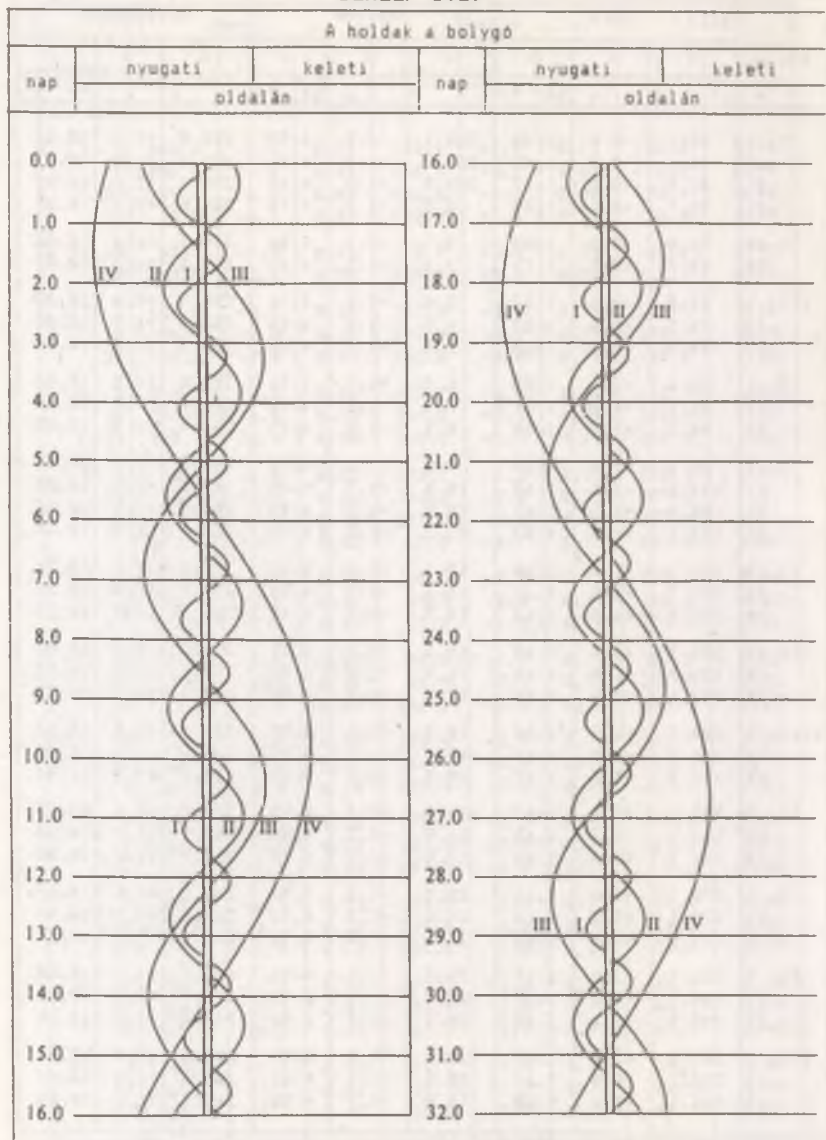
Dátum	Merkur			Vénusz			Föld	
	$\lambda$	$\beta$	$r$	$\lambda$	$\beta$	$r$	$\lambda$	$r$
	°	°	cs. e.	°	°	cs. e.	°	cs. e.
I. 1	258.6	-3.6	0.47	134.1	+2.9	0.72	100.0	0.98
11	286.9	-4.9	0.46	150.3	+3.1	0.72	110.2	0.98
21	319.2	-6.0	0.45	166.6	+3.3	0.72	120.4	0.98
31	0.6	-6.7	0.43	182.8	+3.4	0.72	130.6	0.99
II. 10	55.7	-7.0	0.41	198.9	+3.4	0.72	140.7	0.99
20	117.8	-6.6	0.38	215.0	+3.4	0.72	150.7	0.99
III. 2	168.8	-5.2	0.35	231.0	+3.3	0.72	160.9	0.99
12	206.4	-2.6	0.33	247.0	+3.1	0.72	170.9	0.99
22	236.6	+0.9	0.31	262.8	+2.9	0.72	180.8	1.00
IV. 1	264.2	+4.4	0.31	278.7	+2.6	0.72	190.7	1.00
11	293.0	+6.6	0.32	294.5	+2.3	0.72	200.6	1.00
21	326.7	+6.9	0.34	310.3	+1.9	0.72	210.4	1.00
V. 1	10.6	+6.0	0.37	326.1	+1.5	0.72	220.1	1.01
11	68.4	+4.5	0.40	342.0	+1.0	0.72	229.8	1.01
21	129.4	+2.6	0.43	357.8	+0.6	0.73	239.4	1.01
31	177.3	+0.7	0.45	13.8	+0.1	0.73	249.0	1.01
VI. 10	212.9	-1.0	0.46	29.7	-0.4	0.73	258.6	1.02
20	242.3	-2.7	0.47	45.7	-0.8	0.73	268.2	1.02
30	269.9	-4.1	0.47	61.8	-1.3	0.73	277.7	1.02
VII. 10	299.3	-5.4	0.46	77.9	-1.7	0.73	287.2	1.02
20	334.6	-6.3	0.44	94.0	-2.1	0.73	296.8	1.02
30	21.2	-6.9	0.42	110.2	-2.4	0.73	306.3	1.02
VIII. 9	81.2	-6.9	0.40	126.4	-2.7	0.73	315.9	1.01
19	140.4	-6.1	0.37	142.7	-3.0	0.73	325.5	1.01
29	185.4	-4.3	0.34	158.9	-3.2	0.73	335.1	1.01
IX. 8	219.2	-1.3	0.32	175.2	-3.3	0.73	344.8	1.01
18	247.9	+2.4	0.31	191.3	-3.4	0.73	354.6	1.00
28	275.6	+5.5	0.31	207.5	-3.4	0.73	4.3	1.00
X. 8	305.8	+6.9	0.33	223.5	-3.3	0.73	14.2	1.00
18	342.9	+6.7	0.36	239.5	-3.2	0.73	24.1	1.00
28	32.5	+5.4	0.38	255.4	-3.0	0.73	34.0	0.99
XI. 7	94.0	+3.7	0.41	271.2	-2.8	0.72	44.0	0.99
17	150.7	+1.8	0.43	287.0	-2.5	0.72	54.1	0.99
27	192.9	0.0	0.45	302.9	-2.1	0.72	64.2	0.99
XII. 7	225.3	-1.7	0.46	318.7	-1.7	0.72	74.2	0.99
17	253.5	-3.3	0.47	334.5	-1.3	0.72	84.5	0.98
27	281.4	-4.7	0.46	350.4	-0.9	0.72	94.7	0.98

## ekliptikai koordinátái ☉ világidőkor

Dátum	Mars			Jupiter			Szaturnusz		
	$\lambda$	$\beta$	$r$	$\lambda$	$\beta$	$r$	$\lambda$	$\beta$	$r$
	°	°	cs. e.	°	°	cs. e.	°	°	cs. e.
I. 1	35.9	-0.4	1.44	358.1	-1.3	4.96	253.0	+1.6	10.02
11	41.6	-0.3	1.45	359.0	-1.3	4.96	253.3	+1.6	10.02
21	47.3	-0.1	1.47	359.9	-1.3	4.96	253.7	+1.6	10.02
31	52.9	+0.1	1.48	0.8	-1.3	4.96	254.0	+1.6	10.02
II. 10	58.4	+0.3	1.49	1.7	-1.3	4.96	254.3	+1.6	10.02
20	63.7	+0.5	1.51	2.6	-1.3	4.96	254.6	+1.6	10.02
III. 2	69.0	+0.6	1.52	3.6	-1.3	4.96	254.9	+1.6	10.02
12	74.3	+0.8	1.53	4.5	-1.3	4.96	255.2	+1.5	10.02
22	79.4	+0.9	1.54	5.4	-1.3	4.96	255.5	+1.5	10.02
IV. 1	84.4	+1.1	1.56	6.3	-1.3	4.96	255.8	+1.5	10.02
11	89.4	+1.2	1.57	7.2	-1.3	4.96	256.1	+1.5	10.02
21	94.3	+1.3	1.58	8.1	-1.3	4.95	256.4	+1.5	10.03
V. 1	99.1	+1.4	1.59	9.0	-1.3	4.95	256.7	+1.5	10.03
11	103.8	+1.5	1.60	10.0	-1.3	4.95	257.0	+1.5	10.03
21	108.5	+1.6	1.61	10.9	-1.3	4.95	257.3	+1.5	10.03
31	113.1	+1.7	1.62	11.8	-1.3	4.95	257.6	+1.5	10.03
VI. 10	117.7	+1.7	1.63	12.7	-1.3	4.95	257.9	+1.5	10.03
20	122.3	+1.8	1.64	13.6	-1.3	4.95	258.2	+1.4	10.03
30	126.8	+1.8	1.64	14.5	-1.3	4.95	258.5	+1.4	10.03
VII. 10	131.2	+1.8	1.65	15.5	-1.3	4.95	258.8	+1.4	10.03
20	135.7	+1.8	1.66	16.4	-1.3	4.95	259.1	+1.4	10.03
30	140.1	+1.9	1.66	17.3	-1.3	4.95	259.4	+1.4	10.03
VIII. 9	144.5	+1.8	1.66	18.2	-1.3	4.95	259.7	+1.4	10.03
19	148.8	+1.8	1.66	19.1	-1.3	4.95	260.0	+1.4	10.03
29	153.2	+1.8	1.67	20.0	-1.3	4.95	260.3	+1.4	10.03
IX. 8	157.6	+1.8	1.67	21.0	-1.3	4.95	260.6	+1.4	10.03
18	161.9	+1.7	1.66	21.9	-1.3	4.95	260.9	+1.3	10.03
28	166.3	+1.7	1.66	22.8	-1.3	4.95	261.2	+1.3	10.04
X. 8	170.7	+1.6	1.66	23.7	-1.3	4.96	261.5	+1.3	10.04
18	175.1	+1.5	1.66	24.6	-1.3	4.96	261.8	+1.3	10.04
28	179.5	+1.4	1.65	25.5	-1.3	4.96	262.1	+1.3	10.04
XI. 7	184.0	+1.3	1.65	26.5	-1.3	4.96	262.4	+1.3	10.04
17	188.5	+1.2	1.64	27.4	-1.2	4.96	262.7	+1.3	10.04
27	193.0	+1.1	1.63	28.3	-1.2	4.96	263.0	+1.3	10.04
XII. 7	197.6	+1.0	1.62	29.2	-1.2	4.96	263.3	+1.3	10.04
17	202.2	+0.8	1.61	30.1	-1.2	4.96	263.6	+1.2	10.04
27	206.9	+0.7	1.60	31.0	-1.2	4.96	263.9	+1.2	10.04

# VI. A Jupiter-holdak helyzetei (világidőben)

Január 1987





## A Jupiter-holdak jelenségei (KözEI-ben)

Január 1987

d	h	m	hold	jelenség	d	h	m	hold	jelenség
1	18 11	v	III	f	15	18 32	k	III	m
	21 29	k	I	e		17 20	0 k	I	e
2	18 40	k	I	m	18	17 9	k	I	m
3	17 13	k	I	á	20 28	v	I	f	
	18 15	v	I	e	19 17 47	v	I	á	
	19 27	v	I	á	20 17 9	k	II	m	
4	16 37	v	I	f	25 19 10	k	I	m	
	16 39	k	II	e	26 17 21	k	III	á	
	19 4	k	II	á	17 29	k	I	á	
	19 22	v	II	e	18 46	v	I	e	
	21 42	v	II	á	19 43	v	I	á	
5	17 54	v	IV	m	20 25	v	III	á	
8	17 33	v	III	m	27 19 59	k	II	m	
	19 4	k	III	f	29 17 2	v	II	e	
9	20 39	k	I	m	18 50	v	II	á	
10	17 59	k	I	e	29 17 2	v	II	e	
	19 9	k	I	á	18 50	v	II	á	
	20 14	v	I	e					
	21 22	v	I	á					
11	18 33	v	I	f					
	19 23	k	II	e					
13	19 22	v	II	f					

A k vagy v betű azt mutatja, hogy a szószédos oszlop időadata a jelenség kezdetére, illetve végére vonatkozik-e

I = Io

II = Europa

III = Ganyamedes

IV = Callisto

f = fogyatkozás van (a hold a Jupiter árnyékkúpjába került)

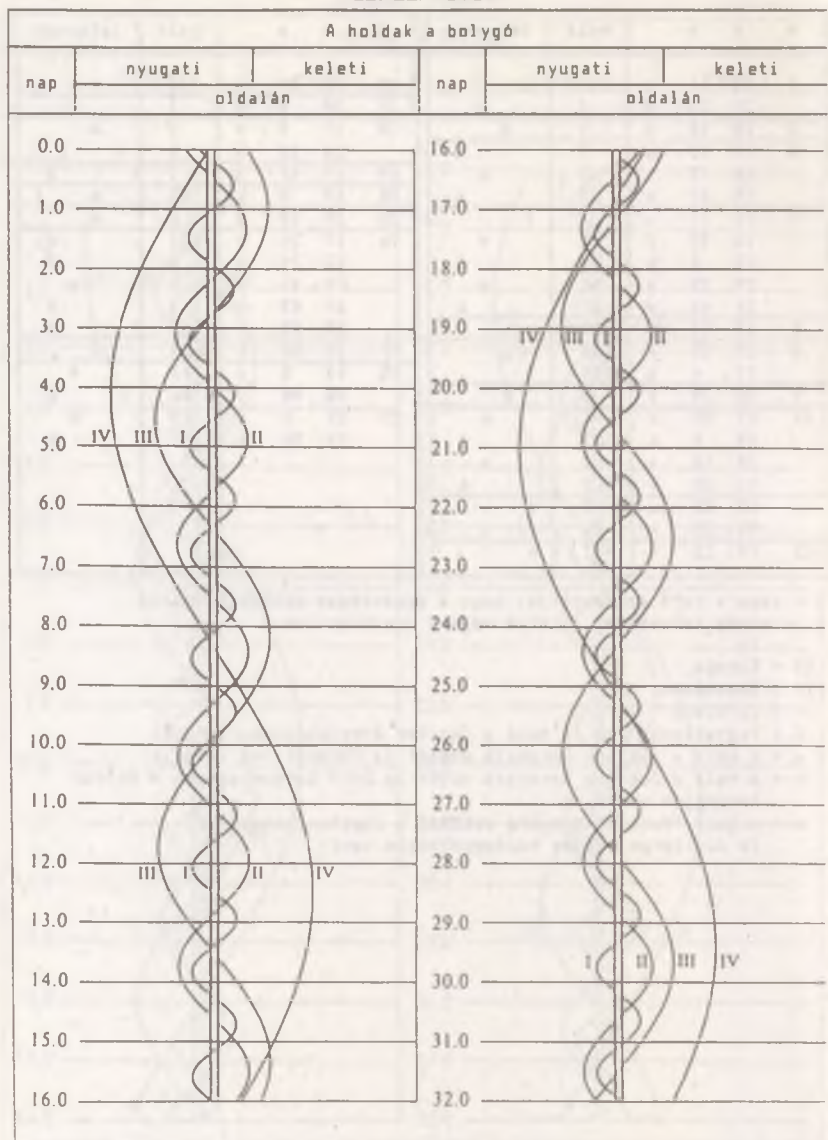
m = a hold a Jupiter korongja mögött (a Földről nem látszik)

e = a hold a Jupiter korongja előtt (a hold látszólagosan a bolygó korongján van)

á = a hold "fekete" árnyéka vetődik a Jupiter korongjára (a Jupiteren teljes napfogyatkozás van)

# VI. A Jupiter-holdak helyzetei (világidőben)

Február 1987



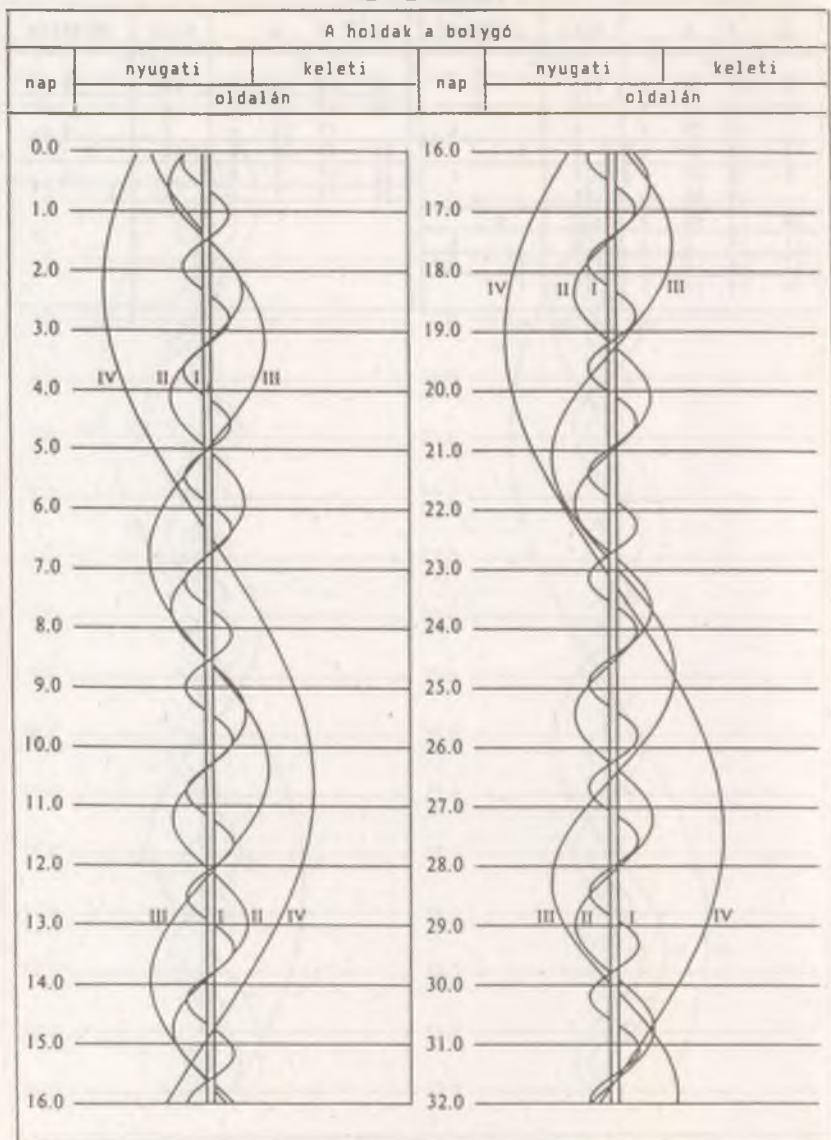
A Jupiter-holdak jelenségei (KözEI-ben)

Február 1987

d	h	m		hold	jelenség	d	h	m		hold	jelenség
2	17	45	k	III	e	16	18	10	k	IV	e
	18	32	k	I	e						
	19	25	k	I	á						
3	18	47	v	I	f	21	17	58	k	II	m
5	18	49	k	II	á						
	19	51	v	II	e						
10	17	43	k	I	m	25	19	9	k	I	e
11	18	3	v	I	á						
13	18	18	v	III	f						
14	19	11	v	II	f	26	19	2	v	I	f

# VI. A Jupiter-holdak helyzetei (világidőben)

Június 1987

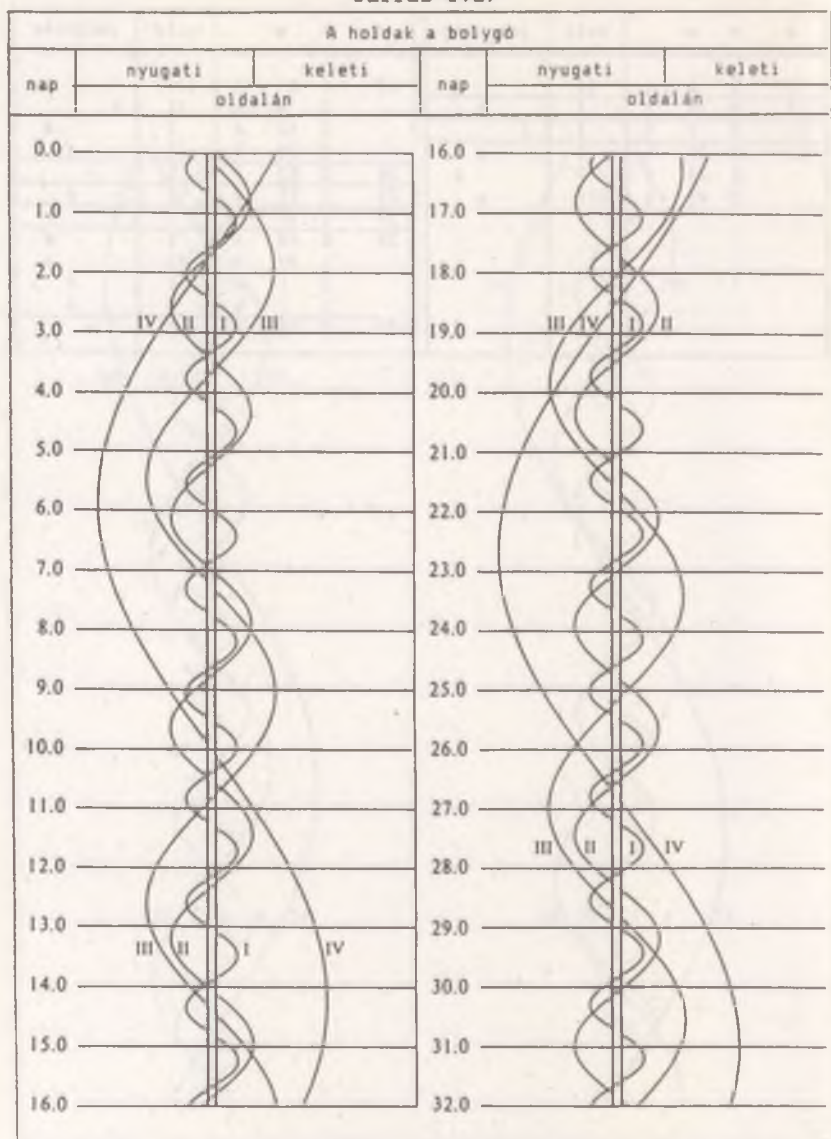


A Jupiter-holdak jelenségei (KözEI-ben)

Június 1987

d	h	m	hold	jelenség	d	h	m	hold	jelenség
3	2	6	k	II	19	1	54	k	III
5	1	39	v	I	2	0	k	II	f
11	3	1	k	I	2	12	k	I	á
12	1	27	k	I	3	25	k	I	e
	2	29	v	I	20	2	53	v	I
	2	43	k	III	21	1	41	v	II
					27	1	19	k	I
					28	0	44	v	I
						1	47	v	II
						2	1	k	II
						2	1	v	I
					30	1	20	k	III
									m

VI. A Jupiter-holdak helyzetei (világidőben)  
Július 1987

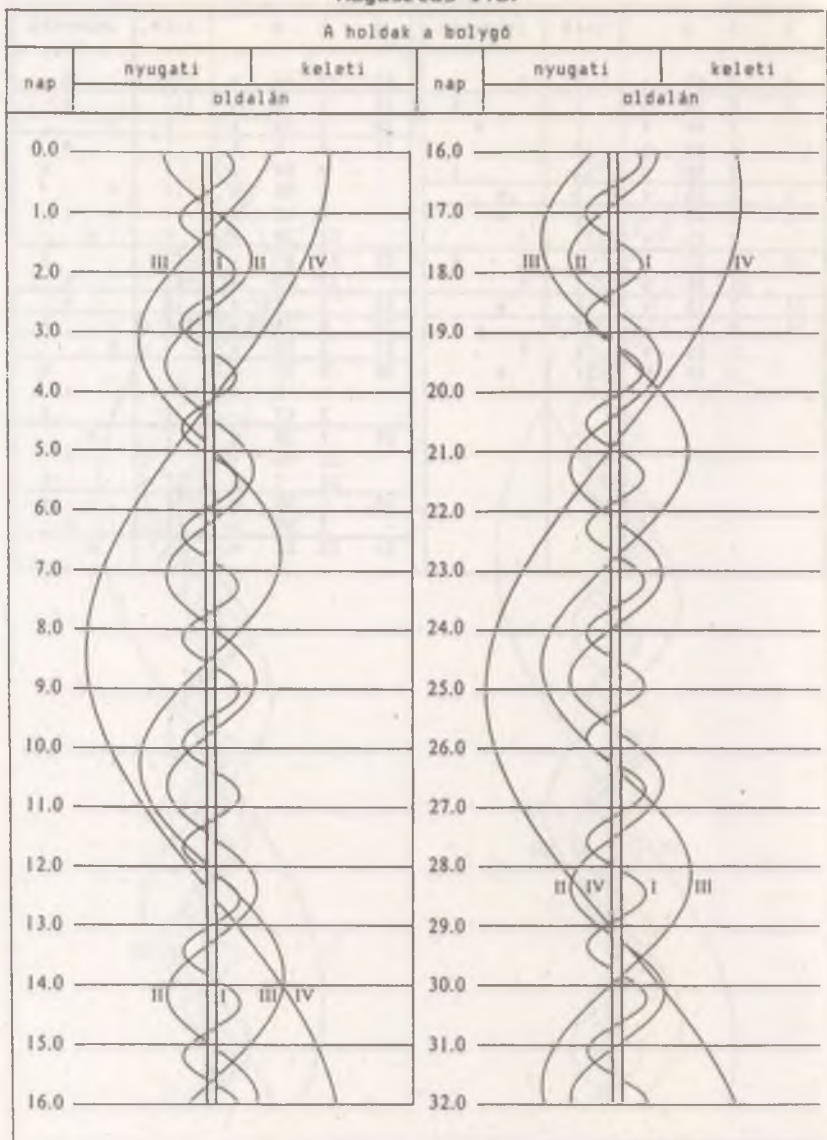


A Jupiter-holdak jelenségei (KözEI-ben)

Július 1987

d	h	a	hold	jelenség	d	h	a	hold	jelenség
4	3	13	k	I	f				
5	0	28	k	I					á
	1	48	k	I				e	
	1	55	k	II					á
	2	38	v	I					á
6	1	16	v	I				m	
7	1	33	v	II				m	
	2	32	v	III	f				
12	2	21	k	I					á
	23	36	k	I	f				
13	3	12	v	I				m	
14	0	21	v	I					e
	1	28	v	II	f				
	1	49	k	II				m	
17	23	46	k	III					e
18	2	2	v	III					e
20	1	30	k	I				f	
21	0	6	k	I					e
	0	54	v	I					á
	1	35	k	II				f	
	2	15	v	I					e
	23	35	v	I				m	
22	22	57	v	II					á
	23	23	k	II					e
23	1	42	v	II					e
25	0	36	v	III					á
27	3	25	k	I				f	
28	0	37	k	I					á
	2	0	k	I					e
	2	47	v	I					á
29	1	28	v	I				m	
	22	36	v	I					e
	23	7	k	II					á
30	1	33	v	II					á
	1	59	k	II					e
31	22	33	v	II				m	

VI. A Jupiter-holdak helyzetei (világidőben)  
 Augusztus 1987



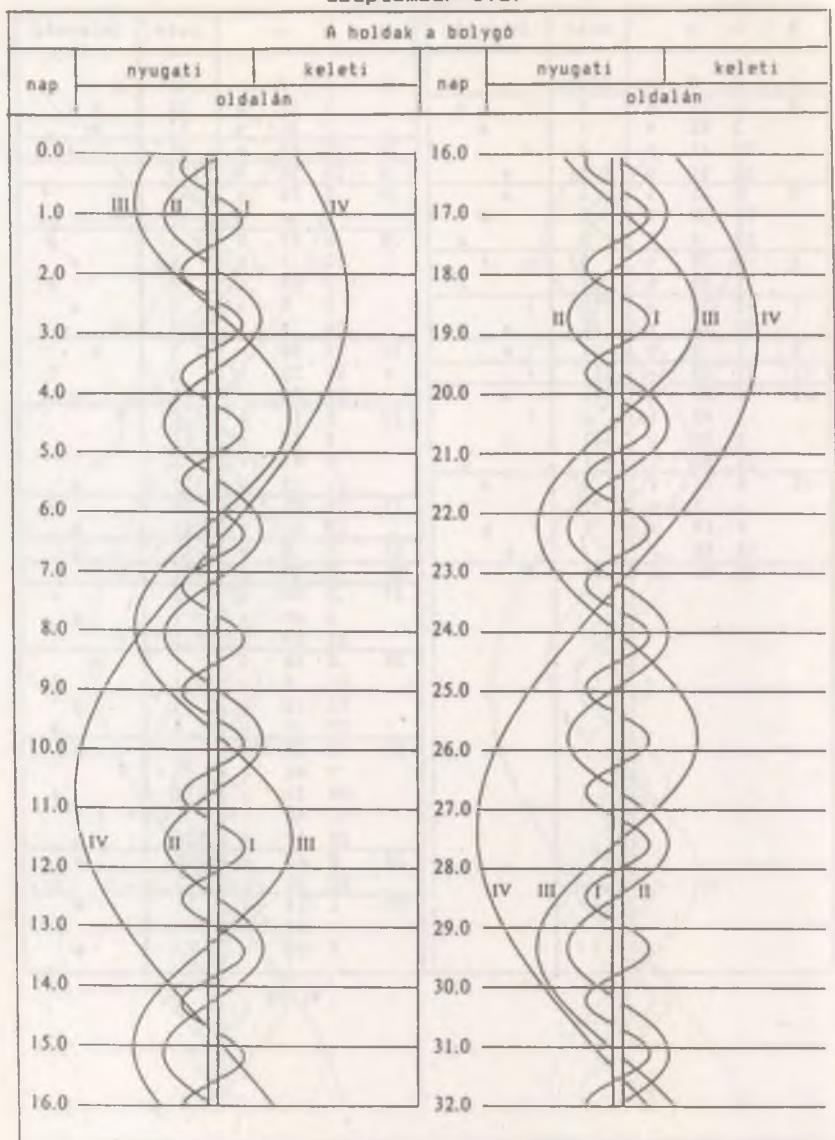


A Jupiter-holdak jelenségei (KözEI-ben)

Augusztus 1987

d	h	m	hold	jelenség	d	h	m	hold	jelenség
1	2	0	k	III					á
4	2	31	k	I					á
	3	52	k	I					e
	23	47	k	I	f				
	23	51	v	III	m				
5	3	21	v	I	m				
	22	20	k	I	e				
	23	9	v	I	á				
6	0	28	v	I	e				
	1	44	k	II	á				
7	22	28	v	II	f				
	22	46	k	II	m				
8	1	3	v	II	m				
11	22	33	v	III	f				
12	1	31	k	III	m				
	1	42	k	I	f				
	3	38	v	III	m				
	22	53	k	I	á				
13	0	11	k	I	e				
	1	3	v	I	á				
	2	19	v	I	e				
	23	40	v	I	m				
14	22	36	k	II	f				
15	1	2	v	II	f				
	1	15	k	II	m				
	3	31	v	II	m				
16	22	33	v	II	e				
18	23	56	k	III	f				
19	2	33	v	III	f				
	3	36	k	I	f				
20	0	47	k	I	á				
	2	1	k	I	e				
	2	57	v	I	á				
	4	9	v	I	e				
	22	5	k	I	f				
21	1	30	v	I	m				
	21	25	v	I	á				
	22	36	v	I	e				
22	1	11	k	II	f				
	3	37	v	II	f				
	3	41	k	II	m				
	21	12	v	III	e				
23	22	41	v	II	á				
	22	46	k	II	e				
24	1	0	v	II	e				
26	3	58	k	III	f				
27	2	40	k	I	á				
	3	49	k	I	e				
	23	59	k	I	f				
28	3	18	v	I	m				
	21	9	k	I	á				
	22	16	k	I	e				
	23	19	v	I	á				
29	0	24	v	I	e				
	3	46	k	II	f				
	20	36	v	III	á				
	21	45	v	I	m				
	22	50	k	III	e				
30	0	48	v	III	e				
	22	53	k	II	á				
31	1	11	k	II	e				
	1	18	v	II	á				
	3	25	v	II	e				

VI. A Jupiter-holdak helyzetei (világidőben)  
Szeptember 1987



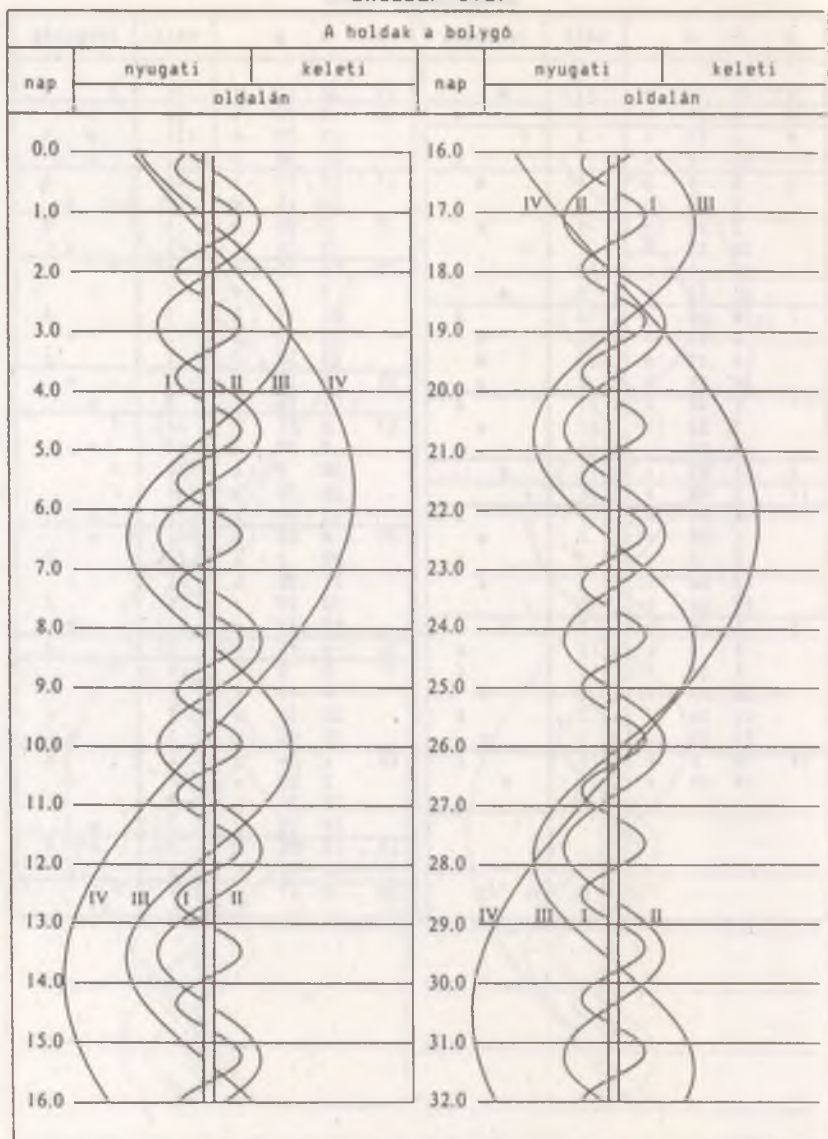
A Jupiter-holdak jelenségei (KözEI-ben)

Szeptember 1987

d	h	m	hold	jelenség	d	h	m	hold	jelenség		
1	21	32	v	II	m	15	22	15	k	II	f
3	4	34	k	I	á	16	2	12	v	II	m
4	1	53	k	I	f	19	33	k	III	m	m
	23	2	k	I	á	21	30	v	III	m	m
5	0	4	k	I	e	17	19	49	v	II	á
	1	13	v	I	á	21	16	v	II	e	e
	2	12	v	I	e	19	2	50	k	I	á
	20	22	k	I	f	3	36	k	I	e	e
	22	4	k	III	á	20	0	11	k	I	f
	23	33	v	I	m	3	4	v	I	m	m
6	0	36	v	III	á	21	19	k	I	e	á
	2	23	k	III	e	22	2	k	I	e	e
	4	19	v	III	e	23	30	v	I	á	á
	20	39	v	I	e	21	0	10	v	I	e
7	1	30	k	II	á	21	30	v	I	m	m
	3	33	k	II	e	23	0	51	k	II	f
	3	54	v	II	á	4	29	v	II	m	m
8	23	53	v	II	m	20	4	k	III	f	m
11	3	48	k	I	f	22	35	v	III	f	f
12	0	56	k	I	á	22	55	k	III	m	m
	1	50	k	I	e	24	0	52	v	III	m
	3	7	v	I	á	20	1	k	II	á	á
	3	58	v	I	e	21	20	k	II	e	e
	22	16	k	I	f	22	25	v	II	á	á
13	1	19	v	I	m	23	33	v	II	e	e
	2	4	k	III	á	26	4	45	k	I	á
	4	36	v	III	á	27	2	5	k	I	f
	20	17	k	I	e	4	49	v	I	m	m
	21	36	v	I	á	23	13	k	I	á	á
	22	25	v	I	e	23	46	k	I	e	e
14	4	6	k	II	á	28	1	24	v	I	á
	19	45	v	I	m	1	55	v	I	e	e
						20	34	k	I	f	m
						23	15	v	I	m	m
						29	19	53	v	I	á
						20	21	v	I	e	e
						30	3	27	k	II	f

# VI. A Jupiter-holdak helyzetei (világidőben)

Október 1987



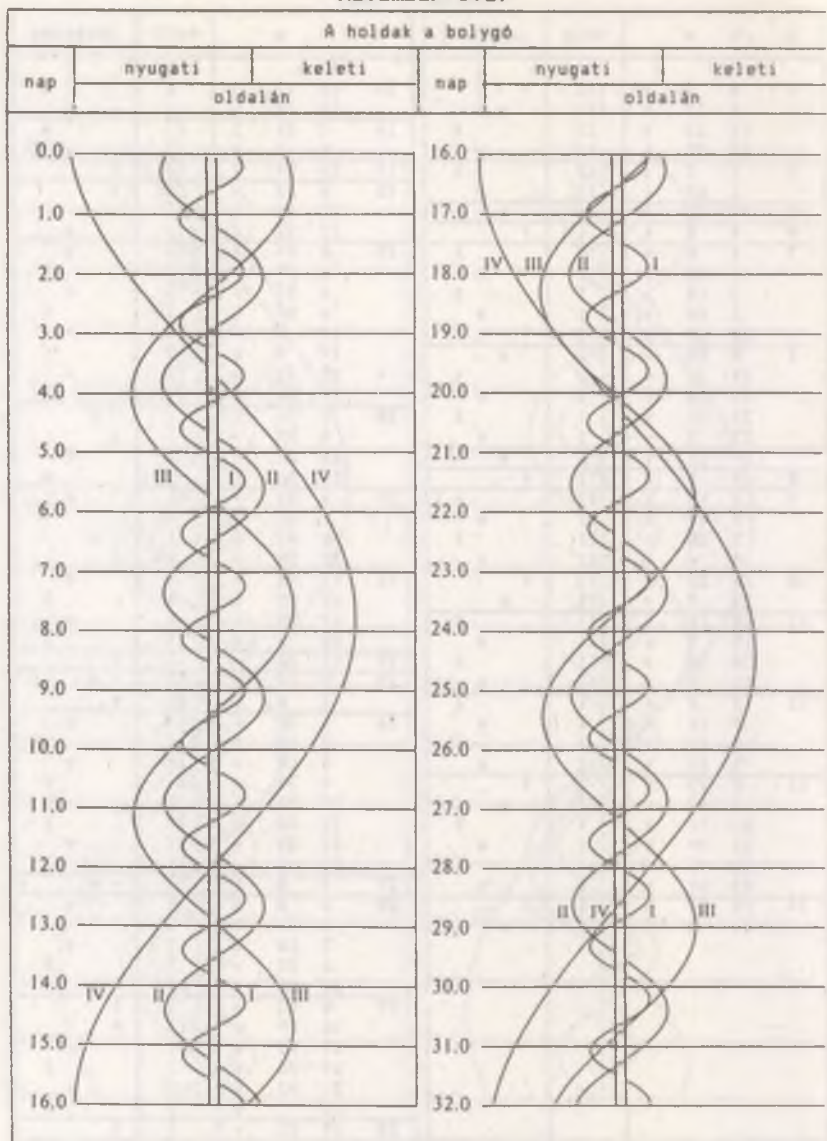
A Jupiter-holdak jelenségei (KözEI-ben)

Október 1987

d	h	a	hold	jelenség	d	h	a	hold	jelenség
1	8 5	k	III	f	15	18 11	v	I	e á
	4 11	v	III	a		18 14	v	I	e
	22 38	k	II		16	3 51	k	II	e á
	23 35	k	II	e		4 3	k	II	e
2	1 2	v	II	e á	17	21 59	k	II	f
	1 49	v	II	e	18	8 23	v	II	f
3	19 52	v	II	a	22 12	k	III	e á	
	4 4	k	I	f	22 22	k	III	e	
5	1 8	k	I	e á	19	8 24	v	III	e
	1 38	k	I	e		8 39	v	III	e á
	3 19	v	I	e á		4 57	k	I	e
	3 39	v	I	e		4 57	k	I	e á
	22 28	k	I	f		17 9	k	II	e
6	8 59	v	I	a		17 9	k	II	e á
	19 36	k	I	e á		19 25	v	II	e
	19 56	k	I	e	19 32	v	II	e á	
	21 47	v	I	e á	20	2 16	k	I	a
	22 5	v	I	e		4 29	v	I	f
7 19 25	v	I	a	23 23		k	I	e	
8 4 6	k	III	f	23 26		k	I	e á	
9	1 14	k	II	e á	21	1 32	v	I	e
	1 49	k	II	e		1 37	v	I	e á
	3 38	v	II	e á		20 42	k	I	a
	4 4	v	II	e		22 58	v	I	f
10	19 22	k	II	f	22	17 49	k	I	e
	22 7	v	II	a		17 55	k	I	e á
11	18 18	k	III	e á		19 58	v	I	e
	19 9	k	III	e		20 6	v	I	e á
	20 38	v	III	e á		23	17 26	v	I
	21 8	v	III	e	25		8 19	k	II
12	3 2	k	I	e á	3 8	v	II	f	
	3 14	k	I	e	26	1 38	k	III	e
	5 13	v	I	e á		2 13	k	III	e á
	5 23	v	I	e		3 48	v	III	e
13	8 23	k	I	f		4 39	v	III	e á
	2 42	v	I	a		19 22	k	II	e
	21 31	k	I	e á	19 46	k	II	e á	
	21 39	k	I	e	21 39	v	II	e	
	23 42	v	I	e á	22 8	v	II	e á	
14	23 49	v	I	e	27	4 8	k	I	a
	18 52	k	I	f	28	1 6	k	I	e
21 8	v	I	a	1 21		k	I	e á	
15						3 16	v	I	e
						3 32	v	I	e á
						22 26	k	I	a
						29	8 53	v	I
					18 39		v	III	f
					19 32		k	I	e
19 58	k	I	e á						
21 42	v	I	e						
22 1	v	I	e á						
30	19 21	v	I	f					

# VI. A Jupiter-holdak helyzetei (világidőben)

November 1987



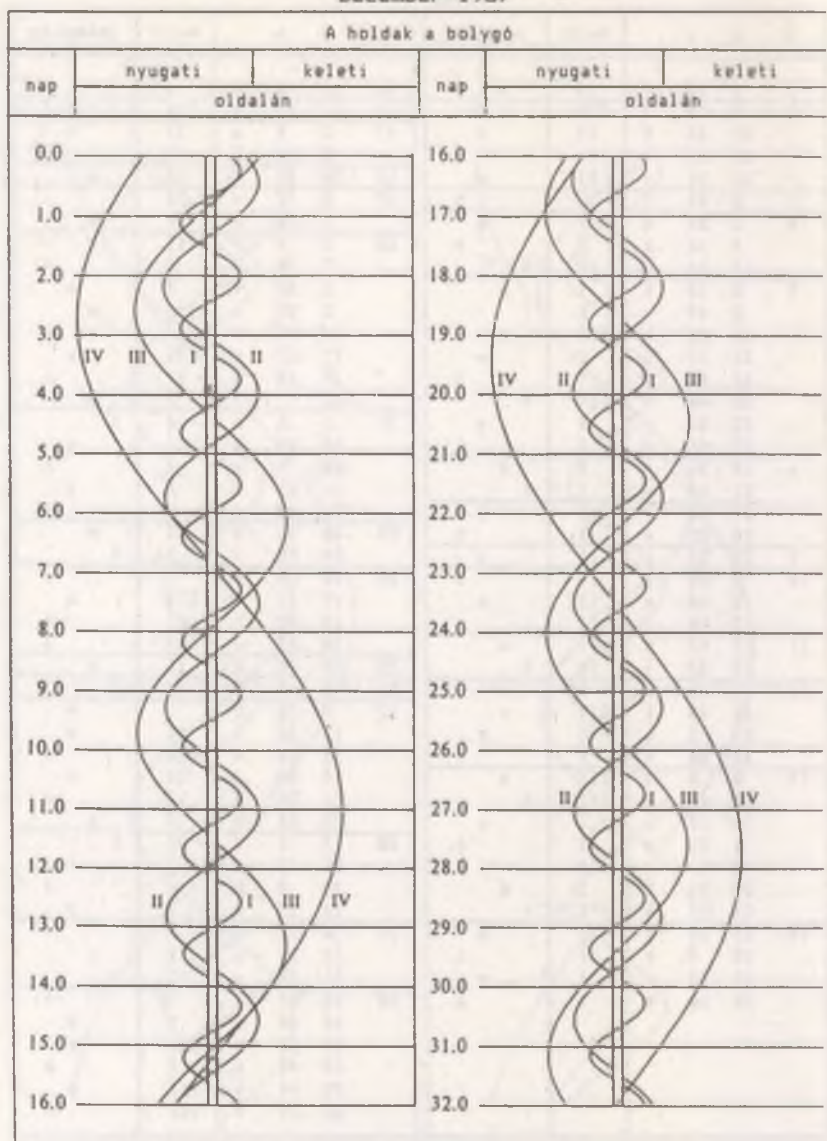
A Jupiter-holdak jelenségei (KözEI-ben)

November 1987

d	h	m	hold	jelenség	d	h	m	hold	jelenség		
1	2	33	k	II	m	15	17	40	v	I	f
2	4	50	k	III	e	16	16	43	v	III	á
	21	36	k	II	e	17	2	9	k	II	e
	22	22	k	II	á		3	35	k	II	á
	23	54	v	II	e	18	20	15	k	II	m
3	0	44	v	II	á	19	0	11	v	II	f
4	2	51	k	I	e		3	40	k	I	m
	3	16	k	I	á	20	1	6	k	III	m
	18	56	v	II	f		1	36	k	I	á
5	0	10	k	I	m		2	58	v	I	e
	2	47	v	I	f		3	25	v	III	m
	10	26	k	III	m		16	54	k	II	á
	21	17	k	I	e		17	37	v	II	e
	21	45	k	I	á		19	14	v	II	á
	22	40	v	III	f		22	7	k	I	m
	23	27	v	I	e	21	1	6	v	I	f
	23	56	v	I	á		19	15	k	I	e
6	10	36	k	I	m		20	5	k	I	á
	21	16	v	I	f		21	25	v	I	e
7	17	53	v	I	e		22	15	v	I	á
	18	25	v	I	á	22	16	34	k	I	m
9	23	52	k	II	e		19	35	v	I	f
10	0	59	k	II	á	23	16	44	v	I	á
	2	10	v	II	e		17	12	v	III	e
	3	20	v	II	á		18	23	k	III	á
							20	45	v	III	á
11	17	57	k	II	m	25	22	36	k	II	m
	21	33	v	II	f	26	2	49	v	II	f
12	1	55	k	I	m	27	2	36	k	I	e
	21	45	k	III	m		17	38	k	II	e
	23	2	k	I	e		19	30	k	II	á
	23	40	k	I	á		19	58	v	II	e
13	0	0	v	III	m		21	50	v	II	á
	0	17	k	III	f		23	54	k	I	m
	1	12	v	I	e	28	3	1	v	I	f
	1	51	v	I	á		21	3	k	I	e
	2	41	v	III	f		22	0	k	I	á
	20	21	k	I	m		23	13	v	I	e
	23	11	v	I	f	29	0	11	v	I	á
14	17	28	k	I	e		18	21	k	I	m
	18	9	k	I	á		21	30	v	I	f
	19	38	v	I	e	30	16	29	k	I	á
	20	20	v	I	á		17	40	v	I	e
							18	22	k	III	e
							18	40	v	I	á
							20	44	v	III	e
							22	25	k	III	á

# VI. A Jupiter-holdak helyzetei (világidőben)

December 1987





A Jupiter-holdak jelenségei (KözEI-ben)

December 1987

d	h	a	hold	jelenség	d	h	a	hold	jelenség
1	0	46	v	III					á
3	0	59	k	II					a
4	20	0	k	II					e
	22	7	k	II					á
	22	21	v	II					e
5	0	26	v	II					á
	1	42	k	I					a
	22	51	k	I					e
	23	56	k	I					á
6	1	2	v	I					e
	2	6	v	I					á
	10	47	v	II	f				
	20	9	k	II	a				
	23	25	v	I	f				
7	17	19	k	I					e
	18	25	k	I					á
	19	29	v	I					e
	20	35	v	I					á
	21	57	k	III					e
8	0	21	v	III					e
	17	54	v	I	f				
11	16	25	k	III	f				
	10	47	v	III	f				
	22	24	k	II					e
12	0	43	k	II					á
	0	46	v	II					e
13	0	42	k	I					e
	1	52	k	I					á
	16	38	k	II					a
	19	2	v	II					a
	19	4	k	II	f				
	21	25	v	II	f				
	21	59	k	I					a
14	1	21	v	I	f				
	19	9	k	I					e
	20	21	k	I					á
	21	20	v	I					e
	22	31	v	I					á
15	1	36	k	III					e
	16	27	k	I					a
	19	50	v	I	f				
16	17	0	v	I					á
18	17	53	v	III					a
	20	28	k	III	f				
	22	49	v	III	f				
19	0	51	k	II					e
20	19	9	k	II					a
	21	32	v	II					a
	21	43	k	II	f				
	23	50	k	I					a
21	0	4	v	II	f				
	21	1	k	I					e
	22	17	k	I					á
	23	12	v	I					e
22	0	27	v	I					á
	16	28	v	II					e
	16	38	k	II					á
	18	18	k	I					a
	18	56	v	II					á
	21	45	v	I	f				
23	16	46	k	I					á
	17	40	v	I					e
	18	56	v	I					á
25	19	9	k	III					a
	21	42	v	III					a
26	0	31	k	III	f				
27	21	39	k	II					a
28	0	5	v	II					a
	0	22	k	II	f				
	22	54	k	I					e
29	0	13	k	I					á
	1	5	v	I					e
	16	37	k	II					e
	16	52	v	III					á
	19	0	v	II					e
	19	14	k	II					á
	20	11	k	I					a
	21	32	v	II					á
	23	40	v	I	f				
30	17	23	k	I					e
	18	42	k	I					á
	19	34	v	I					e
	20	52	v	I					á
31	18	9	v	I	f				

VII.a A Mars centrálmeridiánjának planetografikus hosszúsága

0 <sup>n</sup> világidőkor												
Nap	Jan.	Febr.	Márc.	Ápr.	Máj.	Jún.	Júl.	Aug.	Szept	Okt.	Nov.	Dec.
1	270	324	48	104	172	232	300	358	55	121	177	244
2	260	314	38	95	163	222	290	348	45	111	167	234
3	250	304	28	85	153	212	281	339	35	101	157	224
4	241	294	18	75	143	202	271	329	26	91	148	214
5	231	284	9	65	134	193	261	319	16	82	138	205
6	221	274	359	56	124	183	252	309	6	72	128	195
7	211	264	349	46	114	173	242	300	356	62	118	185
8	201	254	339	36	105	164	232	290	346	52	108	175
9	191	245	329	26	95	154	222	280	337	42	99	166
10	181	235	320	17	85	144	213	270	327	33	89	156
11	171	225	310	7	75	134	203	261	317	23	79	146
12	161	215	300	357	66	125	193	251	307	13	69	137
13	151	205	290	348	56	115	183	241	297	3	60	127
14	142	195	280	338	46	105	174	231	288	353	50	117
15	132	185	271	328	37	96	164	221	278	344	40	107
16	122	176	261	318	27	86	154	212	268	334	30	98
17	112	166	251	309	17	76	144	202	258	324	20	88
18	102	156	241	299	7	66	135	192	248	314	11	78
19	92	146	231	289	358	57	125	182	239	304	1	68
20	82	136	222	279	348	47	115	173	229	295	351	59
21	72	126	212	270	338	37	105	163	219	285	341	49
22	62	117	202	260	329	28	96	153	209	275	332	39
23	52	107	192	250	319	18	86	143	199	265	322	29
24	43	97	183	241	309	8	76	133	190	255	312	20
25	33	87	173	231	299	358	67	124	180	246	302	10
26	23	77	163	221	290	349	57	114	170	236	293	0
27	13	67	153	211	280	339	47	104	160	226	283	351
28	3	58	143	202	270	329	37	94	150	216	273	341
29	353		134	192	261	320	27	84	141	206	263	331
30	343		124	182	251	310	18	75	131	197	253	321
31	333		114		241		8	65		187		312

VII.b A Jupiter centrálmeridiánjának planetografikus hosszúsága  
I. rendszer

0 <sup>h</sup> világidőkor												
Nap	Jan.	Febr.	Márc.	Ápr.	Máj.	Jún.	Júl.	Aug.	Szept	Okt.	Nov.	Dec.
1	324	171	264	111	162	12	65	280	136	197	56	115
2	121	328	62	269	320	169	223	77	294	355	214	273
3	279	126	220	67	117	327	21	235	92	153	12	70
4	77	284	17	224	275	125	179	33	250	311	170	228
5	234	81	175	22	73	283	337	191	48	109	328	26
6	32	239	333	180	230	80	135	349	206	267	126	184
7	189	36	130	337	28	238	293	147	4	65	284	342
8	347	194	280	135	186	36	90	305	162	223	82	140
9	145	352	86	293	344	194	248	103	320	22	240	298
10	302	149	243	90	141	352	46	261	110	180	38	95
11	100	307	41	240	299	149	204	59	276	338	196	253
12	258	185	190	46	97	307	2	217	74	136	354	51
13	55	262	356	204	255	105	160	15	232	294	152	209
14	213	60	154	1	52	263	310	173	30	92	310	7
15	11	218	311	159	210	61	115	331	189	250	108	165
16	168	15	109	317	8	218	273	129	347	48	266	322
17	326	173	267	114	165	16	71	287	145	206	64	120
18	124	330	64	272	323	174	229	85	303	4	222	278
19	281	128	222	70	121	332	27	243	101	162	20	76
20	79	286	20	227	279	129	185	40	259	320	178	234
21	237	83	177	25	76	287	343	198	57	118	336	32
22	34	241	335	183	234	85	141	356	215	276	133	189
23	192	39	133	340	32	243	290	154	13	74	291	347
24	350	196	290	138	190	41	96	312	171	232	89	145
25	147	354	88	296	347	199	254	110	329	30	247	303
26	305	151	246	93	145	356	52	268	127	180	45	101
27	102	309	43	251	303	154	210	66	285	346	203	258
28	260	107	201	49	101	312	8	224	83	144	1	56
29	50		358	207	250	110	166	22	241	302	159	214
30	215		156	4	56	260	324	180	39	100	317	12
31	13		314		214		122	330		258		169

A centrálmeridián mozgása

	0 <sup>h</sup>	1 <sup>h</sup>	2 <sup>h</sup>	3 <sup>h</sup>	4 <sup>h</sup>	5 <sup>h</sup>	6 <sup>h</sup>	7 <sup>h</sup>	8 <sup>h</sup>	9 <sup>h</sup>	10 <sup>h</sup>	11 <sup>h</sup>
0	0	37	73	110	146	183	220	256	293	329	6	42
5	3	40	76	113	149	186	223	259	296	332	9	45
10	6	43	79	116	152	189	226	262	299	335	12	49
15	9	46	82	119	156	192	229	265	302	338	15	52
20	12	49	85	122	159	195	232	268	305	341	18	55
25	15	52	88	125	162	198	235	271	308	345	21	58
30	18	55	92	128	165	201	238	274	311	348	24	61
35	21	58	95	131	168	204	241	277	314	351	27	64
40	24	61	98	134	171	207	244	281	317	354	30	67
45	27	64	101	137	174	210	247	284	320	357	33	70
50	31	67	104	140	177	213	250	287	323	0	36	73
55	34	70	107	143	180	216	253	290	326	3	39	76

VII.c A Jupiter centrálmeridiánjának planetografikus hosszúsága  
II. rendszer

0 <sup>n</sup> világidőkor												
Nap	Jan.	Febr.	Márc.	Apr.	Máj.	Jún.	Júl.	Aug.	Szept	Okt.	Nov.	Dec.
1	171	142	22	352	174	147	332	309	290	122	104	294
2	321	292	172	142	324	297	122	100	80	272	254	84
3	111	82	322	292	114	87	272	250	230	62	45	234
4	261	232	112	82	264	237	63	40	21	213	195	24
5	51	22	262	232	54	28	213	191	171	3	346	175
6	201	172	52	23	204	178	3	341	322	154	136	325
7	351	322	202	173	354	328	153	131	112	304	286	115
8	141	112	352	323	144	118	303	282	262	95	77	265
9	291	262	142	113	295	268	94	72	53	245	227	56
10	81	52	292	263	85	58	244	222	203	35	17	206
11	231	202	82	53	235	208	34	12	354	186	168	356
12	21	352	232	203	25	359	184	163	144	336	318	146
13	171	142	22	353	175	149	335	313	294	127	108	297
14	321	292	172	143	325	299	125	103	85	277	259	87
15	111	82	322	293	115	89	275	254	235	67	49	237
16	261	232	112	83	265	239	65	44	25	218	199	27
17	51	22	262	233	55	29	216	194	176	8	350	177
18	201	172	52	23	205	180	6	345	326	159	140	327
19	352	322	202	173	355	330	156	135	117	309	290	118
20	142	112	352	323	146	120	306	285	267	99	81	268
21	292	262	142	113	296	270	97	76	58	250	231	58
22	82	52	292	263	86	60	247	226	208	40	21	208
23	232	202	82	53	236	210	37	16	358	191	171	358
24	22	352	232	203	26	1	187	167	149	341	322	149
25	172	142	22	353	176	151	338	317	299	131	112	299
26	322	292	172	144	326	301	128	108	90	282	262	89
27	112	82	322	294	116	91	278	258	240	72	53	239
28	262	232	112	84	267	241	68	48	30	223	203	29
29	52	262	234	57	32	219	199	199	181	13	353	179
30	202	52	24	207	182	9	349	331	163	143	329	329
31	352	202	357	159	139	314	120	118	116	114	112	110

A centrálmeridián mozgása

	0 <sup>n</sup>	1 <sup>n</sup>	2 <sup>n</sup>	3 <sup>n</sup>	4 <sup>n</sup>	5 <sup>n</sup>	6 <sup>n</sup>	7 <sup>n</sup>	8 <sup>n</sup>	9 <sup>n</sup>	10 <sup>n</sup>	11 <sup>n</sup>
0	0	36	73	109	145	181	218	254	290	326	3	39
5	3	39	76	112	148	184	221	257	293	329	6	42
10	6	42	79	115	151	187	224	260	296	332	9	45
15	9	45	82	118	154	190	227	263	299	335	12	48
20	12	48	85	121	157	193	230	266	302	339	15	51
25	15	51	88	124	160	196	233	269	305	342	18	54
30	18	54	91	127	163	199	236	272	308	345	21	57
35	21	57	94	130	166	202	239	275	311	348	24	60
40	24	60	97	133	169	205	242	278	314	351	27	63
45	27	64	100	136	172	208	245	281	317	354	30	66
50	30	67	103	139	175	212	248	284	320	357	33	69
55	33	70	106	142	178	214	251	297	323	0	36	72

## VIII. Csillagkatalógus (magnitúdóhatár 4.0)

Csillag		m	r	RA 1987.5			D 1987.5			Spektrum
		magn.	fényév	h	m	s	"	"	"	
α	And	+2.2	136	00	07	44.4	+29	01	17	B8 III
β	Cas	+2.4	45	08	30.3		+59	04	51	F2 IV
γ	Peg	+2.9	570	12	35.5		+15	06	51	B2 IV
ι	Cet	+3.8	325	18	47.5		-08	53	35	K2 III
β	Hyl	+2.9	21	25	06.0		-77	19	29	B1 IV
α	Phe	+2.4	93	25	40.1		-42	22	25	K0 III
ζ	Cas	+3.7	820	36	16.2		+53	49	42	B2.5 IV
δ	And	+3.5	140	38	39.4		+30	47	34	K3 III
α	Cas	+2.5	150	39	47.5		+56	28	08	K0 II
β	Cet	+2.2	62	42	57.7		-18	03	18	K1 III
η	Cas	+3.6	19	48	19.9		+57	45	01	G0 V
γ	Cas	+1.6v	96	55	56.8		+60	38	57	B0 IV
μ	And	+3.9	102	56	03.4		+38	25	54	A5 V
η	Cet	+3.6	88	01	07	57.6	-10	14	54	K3 III
β	And	+2.4	76	09	01.7		+35	33	16	M0 III
ϕ	Cet	+3.8	96	23	23.9		-08	14	52	K0 III
δ	Cas	+2.8	115	24	59.4		+60	10	14	A5 V
η	Psc	+3.7	180	30	48.8		+15	16	54	G8 III
51	And	+3.8	155	37	13.2		+48	33	55	K3 III
α	Eri	+0.6	140	37	15.1		-57	18	00	B5 IV
τ	Cet	+3.7	12	43	29.4		-16	00	12	G8 V
ζ	Cet	+3.9	135	50	50.6		-10	23	47	K2 III
α	Tri	+3.6	65	52	22.0		+29	31	06	F6 IV
ε	Cas	+3.4	520	53	29.1		+63	36	32	B3 III
β	Ari	+2.7	52	53	56.8		+20	44	50	A5 V
α	Hyl	+3.0	80	58	22.6		-61	37	49	F0 V
γ	And	+2.3	260	02	03	07.7	+42	16	13	K3 II
α	Ari	+2.2	76	06	28.0		+23	24	14	K2 III
β	Tri	+3.1	270	08	47.8		+34	55	43	A5 III
α	UMi	+2.1	680	18	46.3		+89	12	29	F8 Ib
ο	Cet	+2.0v	250	18	42.8		-03	02	02	gM5e
γ	Cet	+3.6	68	42	39.1		+03	11	01	A2
41	Ari	+3.7	105	49	14.7		+27	12	35	B8
η	Per	+4.0	820	49	46.7		+55	50	39	K3 Ib + B9 V
ϕ	Eri	+3.4	120	57	47.2		-40	21	16	A3 V
α	Cet	+2.8	1100	03	01	37.5	+04	02	28	M2 III
γ	Per	+3.1	300	03	53.1		+53	27	30	B8 III + A3
ϑ	Per	+3.3v	410	04	22.3		+38	47	33	M4 II-III
β	Per	+2.2v	88	07	21.1		+40	54	29	B8 5
α	For	+4.0	47	11	32.4		-29	02	10	F8 IV

## VIII. Csillagkatalógus (magnitúdóhatár 4.0)

Csillag		m	r	RA 1987.5			D 1987.5			Spektrum
		magn.	fényév	h	m	s	°	'	"	
$\alpha$	Per	+1.9	115	03	23	25.5	+49	49	03	F5 Ib
$\circ$	Tau	+3.8	300		24	08.4	+08	59	08	G8 III
$\xi$	Tau	+3.8	190		26	29.4	+09	41	23	B8 V
$\epsilon$	Eri	+3.8	11		32	20.5	-09	30	00	K2 V
$\delta$	Per	+3.1	450		42	01.8	+47	44	54	B5 III
$\delta$	Eri	+3.7	30		42	38.9	-09	48	19	K0 IV
$\circ$	Per	+3.9	200		43	32.0	+32	14	58	B1 III
17	Tau	+3.8	170		44	07.9	+24	04	29	B6 III
$\gamma$	Per	+3.9	230		44	20.5	+42	32	23	F5 II
$\eta$	Tau	+3.8	650		46	44.4	+24	04	02	B7 III
27	Tau	+3.8	300		48	25.0	+24	00	57	B8 III
$\zeta$	Per	+2.9	450		53	28.6	+31	50	50	B1 Ib
$\epsilon$	Per	+3.0	1100		57	00.7	+39	58	29	B0.5 V
$\gamma$	Eri	+3.2	1100		57	26.7	-13	32	37	M0 III
$\lambda$	Tau	+3.8v	450		59	59.2	+12	27	21	B3 V + A4 IV
$\gamma$	Tau	+3.9	150	04	02	29.4	+05	57	19	A1 V
48	Per	+4.0	220		07	45.0	+47	40	48	B3p
$\gamma$	Tau	+3.9	130		19	04.8	+15	35	53	K0 III
$\delta$	Tau	+3.9	200		22	12.8	+17	30	50	K1 III
$\epsilon$	Tau	+3.6	180		27	53.1	+19	09	12	K0 III
$\delta$	Tau	+3.6	130		27	56.8	+15	50	38	A7n IV
$\alpha$	Tau	+1.1	68		35	12.1	+16	29	06	K5 III
53	Eri	+4.0	91		37	36.4	-14	19	40	K0
$\pi^3$	Ori	+3.3	26		49	09.6	+06	56	25	F6 V
$\pi^4$	Ori	+3.8	1600		50	32.4	+05	35	04	B2 III
$\pi^5$	Ori	+3.9	1600		53	36.0	+02	25	15	B2 III
$\epsilon$	Aur	+2.9	220		56	10.7	+33	08	50	K3 II
$\epsilon$	Aur	+3.1v	800	05	01	04.2	+43	48	21	F0p Ia
$\zeta$	Aur	+3.9	1600		01	35.7	+41	03	31	K5 II + B
$\epsilon$	Lep	+3.3	550		04	55.9	-22	23	14	K5 III
$\eta$	Aur	+3.3	250		05	38.2	+41	13	07	B3 V
$\beta$	Eri	+2.9	78		07	14.1	-05	35	07	A3 III
$\beta$	Ori	+0.3	1100		13	56.2	-08	12	56	B8 Ia
$\alpha$	Aur	+0.2	45		15	45.8	+45	59	11	G8 III + F
$\tau$	Ori	+3.7	400		16	59.9	-06	51	26	B5 III
$\eta$	Ori	+3.4	820		23	50.9	-02	24	28	B0.5 V
$\gamma$	Ori	+1.7	126		24	27.6	+06	20	21	B2 III
$\beta$	Tau	+1.8	170		25	30.1	+28	35	52	B7 III
$\beta$	Lep	+3.8	235		27	42.6	-20	46	08	G5 III
$\delta$	Ori	+2.5	800		31	22.0	+00	00	03	O9.5 II

## VIII. Csillagkatalógus (magnitúdóhatár 4.0)

Csillag	m	r	RA 1987.5			D 1987.5		Spektrum
			h	m	s	"	"	
	magn.	fényév						
$\alpha$ Lep	+2.7	1600	05 32 10.7			-17 49 50	F0 Ib	
$\lambda^1$ Ori	+3.7	550	34 26.9			+09 55 35	O8 + B0.5 V	
$\iota$ Ori	+2.9	150	34 49.3			-05 55 03	O9 III	
$\epsilon$ Ori	+1.8	1600	35 34.7			-01 12 33	B0 Ia	
$\zeta$ Tau	+3.0	540	36 53.8			+21 08 09	B2p III	
$\sigma$ Ori	+3.8	1600	38 07.1			-02 36 24	O9.5 V	
$\alpha$ Col	+2.8	150	39 11.8			-34 04 49	B0e V	
$\zeta^1$ Ori	+2.1	150	40 07.6			-01 56 55	O9.5 Ib	
$\gamma$ Lep	+3.8	27	43 56.5			-22 27 07	F6 V	
$\kappa$ Ori	+2.2	365	47 09.8			-09 40 25	B0.5 Ia	
$\delta$ Lep	+3.9	150	50 47.0			-20 52 46	G8 III	
$\alpha$ Ori	+0.1v	650	54 29.7			+07 24 20	M2 Iab	
$\eta$ Lep	+3.8	53	55 50.1			-14 10 10	F0 V	
$\delta$ Aur	+3.9	165	58 29.8			+54 17 05	K0 III	
$\beta$ Aur	+2.1	88	58 36.7			+44 56 50	A2 V	
$\theta$ Aur	+2.7	180	58 52.1			+37 12 45	B9.5p V	
$\pi$ Gem	+3.2v	250	06 14 07.4			+22 30 40	M3 III	
$\zeta$ CMa	+3.1	250	19 50.8			-30 03 26	B2.5 V	
$\beta$ CMa	+2.0	235	22 08.9			-17 56 57	B1 II-III	
$\mu$ Gem	+3.2	205	22 12.2			+22 31 15	M3 III	
$\alpha$ Car	-0.9	190	23 40.5			-52 41 19	F0 Ib-II	
$\gamma$ Gem	+1.9	91	36 59.4			+16 24 39	A1 IV	
$\epsilon$ Gem	+3.2	360	43 09.8			+25 08 39	G8 Ib	
$\xi$ Gem	+3.4	64	44 35.3			+12 54 35	F5 IV	
$\alpha$ CMa	-1.6	9	44 35.9			-16 41 53	A1 V	
$\tau$ Pup	+2.8	130	49 37.5			-50 35 58	K0 III	
$\theta$ Gem	+3.6	155	51 57.9			+33 58 38	A3 III	
$\epsilon$ CMa	+1.6	680	58 08.1			-28 57 16	B2 II	
$\rho^2$ CMa	+3.1	470	07 02 30.1			-23 48 52	B3 Ia	
$\zeta$ Gem	+3.7v	800	03 22.1			+20 35 22	F7 Ib	
$\delta$ CMa	+2.0	1100	07 53.0			-26 22 22	F0 Ia	
$\pi$ Pup	+2.7	140	16 42.1			-37 04 29	K4 III	
$\lambda$ Gem	+3.7	80	17 22.5			+16 33 49	A3 V	
$\delta$ Gem	+3.5	55	19 22.6			+22 00 22	F0 IV	
$\eta$ CMa	+2.4	270	23 36.0			-29 16 42	B5 Ia	
$\iota$ Gem	+3.9	105	24 57.1			+27 49 25	K0 III	
$\beta$ CMi	+3.1	180	26 28.4			+08 18 55	BBe V	
$\alpha$ Gem	+2.0v	49	33 48.2			+31 55 00	A1 V + A1m	
$\alpha$ CMi	+0.5	12	38 38.9			+05 15 29	F5 IV-V	
$\kappa$ Gem	+3.7	130	43 41.6			+24 25 43	G8 III	

## VIII. Csillagkatalógus (magnitúdóhatár 4.0)

Csillag		a	r	RA 1987.5			D 1987.5			Spektrum
		magn.	fényév	h	m	s	°	'	"	
β	Gen	+1.2	35	07	44	33.2	+28	03	26	K0 III
ξ	Pup	+3.5	1100	48	46.1		-24	49	41	G3 Ib
ζ	Pup	+2.3	800	08	03	00.7	-39	58	03	O5f
ϑ	Pup	+2.9	105	07	00.7		-24	16	04	F6 pII
γ	Vel	+1.9	550	09	00.9		-47	17	50	MC 7 + B1 IV
β	Cnc	+3.8	230	15	50.3		+09	13	29	K4 III
ε	Car	+1.7	330	22	15.5		-59	28	09	K0 II + B
Br	1197 Hya	+4.0	170	25	02.2		-03	51	54	A0
ο	Uma	+3.5	800	29	14.0		+60	45	39	G5 II - III
α	Pyx	+3.7	460	43	05.4		-33	08	27	B1.5 III
δ	Vel	+2.0	76	44	21.5		-54	39	44	A0 V
ε	Hya	+3.5	250	46	06.9		+06	27	55	G0 III + gF7
ζ	Hya	+3.3	115	54	44.0		+05	59	37	K0 II - III
ι	UMa	+3.1	49	58	21.4		+48	05	29	A7 V
κ	UMa	+3.7	330	09	02	46.6	+47	12	24	A1n V
λ	Vel	+2.2	220	07	32.2		-43	22	54	K4 Ib - IIa
β	Car	+1.8	86	13	04.2		-69	39	56	A1 V
δ	Hya	+3.3	170	13	42.9		+02	22	03	B9.5p V
ι	Car	+2.3	300	16	45.4		-59	13	21	F0 Ib
38	Lyn	+3.8	99	18	04.2		+36	51	22	A3 V
α	Lyn	+3.3	155	20	17.8		+34	26	45	M0 III
α	Hya	+2.2	190	26	58.4		-08	36	15	K3 III
23	UMa	+3.8	96	30	33.1		+63	07	02	F0
N	Vel	+3.0	220	30	50.5		-56	58	45	K3 III
δ	UMa	+3.3	63	32	01.7		+51	44	06	F6 Iv
ο	Leo	+3.8	120	40	29.1		+09	56	59	A5 V + F8 III
ε	Leo	+3.1	340	45	08.6		+23	49	56	B0 II
υ	UMa	+3.9	91	50	06.5		+59	05	53	F2 IV
π	Leo	+3.6	1600	10	06	39.1	+16	49	26	A0 Ib
α	Leo	+1.3	84	07	42.4		+12	01	43	B7 V
λ	Hya	+3.8	155	09	58.7		-12	17	31	K0 III
ζ	Leo	+3.7	360	15	59.8		+23	28	48	F0 III
λ	UMa	+3.5	155	16	20.8		+42	58	38	A2 IV
γ <sup>†</sup>	Leo	+2.6	170	19	17.1		+19	54	18	K0 III/G7 III
μ	UMa	+3.2	105	21	35.3		+41	33	46	M0 III
ϑ	Leo	+3.9	650	32	09.2		+09	22	16	B1 Ib
δ	Car	+3.0	470	42	30.5		-64	19	44	O9.5 V
μ	Vel	+2.8	150	46	13.8		-49	21	14	G5 III
ν	Hya	+3.3	150	49	00.4		-16	07	41	K2 III
46	LMI	+3.9	190	52	36.9		+34	16	57	K1 III - IV



## VIII. Csillagkatalógus (magnitúdóhatár 4.0)

Csillag	n	r	RA 1987.5			D 1987.5			Spektrum	
			magn.	fényév	h	m	s	"		"
$\beta$ UMa		+2.4	78	11	01	05.6	+56	26	59	A1 V
$\alpha$ UMa		+2.0	105		02	57.9	+61	49	07	K0 III
$\nu$ UMa		+3.2	93		08	57.8	+44	33	59	K1 III
$\delta$ Leo		+2.6	82		13	26.7	+20	35	32	A4 V
$\phi$ Leo		+3.4	170		13	35.1	+15	29	53	A2 V
$\nu$ UMa		+3.7	230		17	48.3	+33	09	45	K3 III
$\delta$ Crt		+3.8	170		18	42.9	-14	42	39	G8 III - IV
$\zeta$ Leo		+4.0	69		23	16.4	+10	35	53	F2 IV
$\xi$ Hya		+3.7	170		32	23.2	-31	47	18	G7 III
$\zeta$ UMa		+3.9	230		45	23.6	+47	50	55	K0 III
$\beta$ Leo		+2.2	43		48	25.4	+14	38	31	A3 V
$\beta$ Vir		+3.8	33		50	02.6	+01	50	07	F8 V
$\gamma$ UMa		+2.5	165		53	10.6	+53	45	51	A0 V
$\delta$ Cen		+2.9	165	12	07	42.4	-50	39	10	B2e V
$\epsilon$ Crv		+3.2	165		09	28.8	-22	33	01	K2 III
$\delta$ Cru		+3.1	550		14	28.6	-58	40	46	B2 IV
$\delta$ UMa		+3.4	63		14	48.7	+57	06	07	A3 V
$\gamma$ Crv		+2.8	135		15	09.7	-17	28	21	B8 III
$\nu$ Vir		+4.0	330		19	16.0	-00	00	20	A2 V
$\alpha$ Cru A		+1.6	400		25	53.9	-63	01	47	B1 IV + B1 V
$\gamma$ Cru		+1.6	220		30	28.0	-57	02	36	M3 II
$\kappa$ Dra		+3.9	330		32	57.2	+69	51	25	B5e III
$\beta$ Crv		+2.8	120		33	43.7	-23	19	40	G5 III
$\alpha$ Mus		+2.9	220		36	25.7	-69	04	00	B3 IV
$\gamma$ Cen		+2.4	330		40	49.4	-48	53	28	A0 III
$\gamma$ Vir		+3.7 <sub>v</sub>	35		41	01.6	-01	22	51	F0 V + F0 V
$\beta$ Cru		+1.5	470		46	59.1	-59	37	14	B0.5 IV
$\epsilon$ UMa		+1.7	400		53	28.9	+56	01	39	A0p V
$\delta$ Vir		+3.7	190		54	58.4	+03	27	55	M3 III
$\alpha$ CVn		+2.9	140		55	26.7	+38	23	09	B9.5o I + F0 V
$\epsilon$ Vir		+3.0	91	13	01	33.3	+11	01	34	G9 II - III
$\gamma$ Hya		+3.3	155		18	14.4	-23	06	21	G8 III
$\zeta$ Cen		+2.9	73		19	53.5	-36	38	48	A2 V
$\zeta$ UMa		+2.4	88		23	25.4	+54	59	26	A2 V + A2 V
$\alpha$ Vir		+1.2	170		24	32.0	-11	05	47	B1 V + B3 V
$\zeta$ Vir		+3.4	93		34	03.3	-00	00	18	A3 V
$\epsilon$ Cen		+2.6	270		39	05.4	-53	24	11	B1 V
$\eta$ UMa		+1.9	115		47	02.9	+49	22	32	B3 V
$\eta$ Boo		+2.8	32		54	05.4	+18	27	36	G0 IV
$\zeta$ Cen		+3.1	250		54	45.3	-47	13	38	B2 IV

VIII. Csillagkatalógus (magnitúdóhatár 4.0)

Csillag		m	r	RA 1987.5	D 1987.5	Spektrum
		magn.	fényév	h m s	° ' "	
β	Cen	+0.9	200	14 02 56.1	-60 18 47	B1 II
α	Dra	+3.6	300	04 03.0	+64 26 07	A0 III
π	Hya	+3.5	84	05 39.4	-26 37 21	K2 III
δ	Cen	+2.3	55	05 56.7	-36 18 32	K0 III - IV
α	Boo	+0.2	36	15 05.5	+19 14 52	K2p III
θ	Boo	+3.8	130	31 17.5	+30 25 33	K3 III
γ	Boo	+3.0	200	31 34.5	+38 21 45	A7 III
π	Cen	+2.7	270	34 42.6	-42 06 12	B1.5ne V
α	Cen	+0.3 <sub>v</sub>	4	38 45.3	-60 47 04	G2 V + K5 V
ζ	Boo	+3.9	470	40 33.1	+13 46 53	A2 III
α	Lup	+2.9	360	41 05.6	-47 20 06	B1 III
μ	Vir	+4.0	84	42 24.0	-05 36 15	F3 IV
ε	Boo	+2.7	250	44 26.5	+27 07 35	K0 II-III+A2 V
109	Vir	+3.8	110	45 37.0	+01 56 42	A0 V
α <sup>2</sup>	Lib	+2.9	67	50 11.1	-15 59 25	A3 IV
β	UMi	+2.2	105	50 44.0	+74 12 24	K4 III
β	Lup	+2.8	270	57 42.5	-43 05 03	B2 IV
β	Boo	+3.6	150	15 01 28.5	+40 26 22	G8 III
σ	Lib	+3.4	58	03 20.2	-25 14 00	M4 III
ó	Boo	+3.5	115	14 59.9	+33 21 40	G8 III
β	Lib	+2.7	150	16 20.0	-09 20 15	B8 V
γ	TrA	+3.1	650	17 43.9	-68 38 03	A1 V
γ	UMi	+3.1	180	20 44.5	+71 52 43	A3 II - III
φ <sup>1</sup>	Lup	+3.6	400	21 00.6	-36 13 00	K5 III
ι	Dra	+3.5	100	24 39.0	+59 00 34	K2 III
β	CrB	+3.7	105	27 18.8	+29 08 54	F0p III
α	CrB	+2.3	76	34 09.5	+26 45 23	A0 V
γ	Lup	+3.0	400	34 18.3	-41 07 32	B2n V
ν	Lib	+3.8	80	36 15.8	-28 05 40	K3 III
γ	CrB	+3.9	125	42 13.1	+26 20 05	A1s V
α	Ser	+2.8	71	43 39.1	+06 27 52	K2 III
β	Ser	+3.7	96	45 36.6	+15 27 37	A3 V
u	Ser	+3.6	3000	48 58.0	-03 23 33	A0 V
ε	Ser	+3.8	99	50 11.5	+04 30 53	A2n
γ	Ser	+3.9	41	55 52.5	+15 42 08	F6 V
π	Sco	+3.0	650	58 05.6	-26 04 44	B1 V + B2
ó	Sco	+2.5	71	59 35.6	-22 35 12	B0 V
β	Sco	+2.9	800	16 04 42.5	-19 46 19	B0.5 V + B2 V
ó	Oph	+3.0	130	13 41.4	-03 39 46	M1 III
ε	Oph	+3.3	91	17 39.5	-04 39 46	G9 III

## VIII. Csillagkatalógus (magnitúdóhatár 4.0)

Csillag		m	r	RA 1987.5			D 1987.5		Spektrum
		magn.	fényév	h	m	s	"	"	
τ	Her	+3.9	120	16	19	21.9	+46	28 34	B5 IV
σ	Sco	+3.0 <sub>v</sub>	360	20	25.6		-25	33 49	B1 III
γ	Her	+3.8	220	21	22.1		+19	18 55	A9 III
η	Dra	+2.9	76	23	49.2		+61	32 32	G8 III
α	Sco	+1.2	170	28	38.4		-26	24 18	M1 Ia + dB4
β	Her	+2.8	190	29	48.9		+21	38 59	G8 <sub>v</sub> III
λ	Oph	+3.9	3000	30	17.0		+02	00 39	A1 V
τ	Sco	+2.9	230	35	06.2		-28	11 27	B0 V
ζ	Oph	+2.7	550	36	28.2		-10	32 33	O9.5 V
ζ	Her	+3.0	32	40	49.0		+31	37 30	G0 IV
η	Her	+3.6	62	42	28.0		+38	56 44	G7 III - IV
α	Tra	+1.9	140	47	20.1		-69	00 22	K4 III
ε	Sco	+2.4	67	49	21.2		-34	16 17	K2.5 III
*	Oph	+3.4	126	57	04.6		+09	23 38	K2 III
ζ	Ara	+3.1	91	57	35.0		-55	58 17	K5 III
ε	Her	+3.9	150	59	48.7		+30	56 40	A0 V
ζ	Dra	+3.2	190	17	08	44.9	+65	43 48	B6 III
η	Oph	+2.6	69	09	39.6		-15	42 37	A2 V
α	Her	+3.5	55	14	04.7		+14	24 14	M5 II + G5 III
δ	Her	+3.2	96	14	31.1		+24	51 12	A3 <sub>n</sub> V
π	Her	+3.4	165	14	36.7		+36	49 22	K3 II
⊙	Oph	+3.4	400	21	14.5		-24	59 16	B2 IV
β	Ara	+2.8	126	24	15.6		-55	31 09	K3 Ib
β	Dra	+3.8	360	30	09.0		+52	18 37	G2 II
α	Ara	+3.8	3000	30	52.5		-49	52 02	B2.5 V
λ	Sco	+1.7	270	32	45.6		-37	05 44	B1 V
α	Oph	+2.1	58	34	21.2		+12	34 07	A5 III
⊙	Sco	+2.0	165	36	25.2		-42	59 27	F0 Ib
ι	Her	+3.8	1600	39	06.7		+46	00 45	B3 V
*	Sco	+2.5	360	41	37.3		-39	01 28	B2 IV
β	Oph	+2.9	126	42	51.3		+04	34 18	K2 III
μ	Her	+3.5	28	45	58.2		+27	43 40	G5 IV
γ	Oph	+3.7	102	47	15.9		+02	42 41	A0 V
6	Sco	+3.3	102	49	00.4		-37	02 25	K1 III
ξ	Dra	+3.9	105	53	18.7		+56	52 28	K2 III
θ	Her	+4.0	400	55	49.4		+37	15 06	K1 II
γ	Dra	+2.4	165	56	18.9		+51	29 24	K5 III
ξ	Her	+3.8	220	57	16.7		+29	14 55	K0 III
ν	Oph	+3.5	220	58	28.3		-09	46 22	G9 III
67	Oph	+4.0	3000	18	00	01.1	+02	55 53	B5 Ib

VIII. Csillagkatalógus (magnitűdűhatár 4.0)

Csillag		m	r	RA 1987.5	D 1987.5	Spektrum
		magn.	fényév	h m s	° ' "	
γ	Sgr	+3.1	180	18 05 00.3	-30 25 30	K0 III
72	Oph	+3.7	88	06 45.4	+09 33 41	A4s IV
o	Her	+3.8	250	07 03.3	+28 45 37	B9.5 V
δ	Sgr	+2.8	84	20 11.7	-29 50 04	K2 III
η	Ser	+3.4	60	20 39.8	-02 54 09	K0 III - IV
χ	Dra	+3.7	25	21 16.0	+72 43 40	F7 V
109	Her	+3.9	135	23 09.9	+21 45 49	K2 III
ε	Sgr	+2.0	220	23 20.6	-34 23 29	A0 V
λ	Sgr	+2.9	71	27 12.0	-25 25 46	K2 III
α	Lyr	+0.1	36	36 30.9	+38 46 17	A0 V
β	Lyr	+3.4 <sub>v</sub>	1100	49 37.1	+33 20 52	Bpe
σ	Sgr	+2.1	155	54 29.5	-26 10 47	B2 V
R	Lyr	+4.0 <sub>v</sub>	550	54 57.3	+43 55 45	M5 III
π <sup>2</sup>	Sgr	+3.6	550	56 59.1	-21 07 26	K1 III
γ	Lyr	+3.3	300	58 28.5	+32 40 19	B9 III
ζ	Sgr	+2.7	170	19 01 49.0	-29 53 56	A2 III
κ	Aql	+3.0	91	04 50.1	+13 50 39	B9.5n V
λ	Aql	+3.6	130	05 35.1	-04 54 07	B9n V
π	Sgr	+3.0	200	09 01.3	-21 02 39	K1 III
δ	Dra	+3.2	115	12 33.2	+67 30 22	G9 III
κ	Cyg	+4.0	180	16 40.8	+53 20 42	G9 III
δ	Aql	+3.4	49	24 52.1	+03 05 21	F0 IV
ι	Cyg	+3.9	200	29 23.5	+51 41 10	A5n V
β	Cyg	+3.2	330	30 13.1	+27 55 50	K3 II + B0 V
δ	Cyg	+3.0	155	44 35.1	+45 05 59	B9.5 III
γ	Aql	+2.8	550	45 39.9	+10 34 56	K3 II
δ	Sge	+3.8	400	46 49.8	+18 30 10	M2 II + A0 V
ε	Dra	+4.0	330	48 13.2	+70 14 10	G0 III
α	Aql	+0.9	17	50 10.4	+00 50 05	A7 IV - V
η	Aql	+3.7 <sub>v</sub>	650	51 50.2	+00 00 09	F6 Ib
β	Aql	+3.9	49	54 42.0	+06 22 30	B0 IV
γ	Cyg	+4.0	360	55 50.2	+35 02 59	K0 III
γ	Sge	+3.7	300	58 12.1	+19 27 20	K5 III
δ	Aql	+3.4	400	20 10 39.6	+00 00 11	B9.5 III
310 <sup>2</sup>	Cyg	+4.0	400	13 14.3	+46 42 11	K3 Ib + A3
α <sup>2</sup>	Cap	+3.8	99	17 21.7	-12 35 03	G9 III
γ	Cyg	+2.3	550	21 46.8	+40 12 59	F0 Ib
α	Pav	+2.1	230	24 39.9	-56 46 33	B3 IV
ε	Del	+4.0	200	32 37.0	+11 15 37	B6 III
β	Del	+3.7	126	36 57.8	+14 33 04	F5 IV

## VIII. Csillagkatalógus (magnitúdóhatár 4.0)

Csillag		m	r	RA 1987.5	D 1987.5	Spektrum
		magn.	fényév	h m s	° ' "	
α	Del	+3.9	1600	20 39 03.5	+15 52 03	B9 V
α	Cyg	+1.3	800	41 00.3	+45 14 07	A2 Ia
γ	Cep	+3.6	46	45 02.2	+61 47 23	K0 IV
ε	Cyg	+2.6	74	45 42.3	+33 55 23	K0 III
ε	Aqr	+3.8	220	47 00.0	-09 32 31	A2 V
ξ	Cyg	+3.9	1600	21 04 28.6	+43 52 40	K5 Ib
ζ	Cyg	+3.4	155	12 24.2	+30 10 31	G8 II
τ	Cyg	+3.8	71	14 17.5	+37 59 30	F0 IV
α	Cep	+2.6	52	18 16.9	+62 31 57	A7 IV - V
ζ	Cap	+3.9	550	25 57.3	-22 27 57	G4p Ib
β	Cep	+3.3	650	28 30.2	+70 30 21	B2 III
β	Aqr	+3.1	1100	30 54.1	-05 37 36	G0 Ib
γ	Cap	+3.8	130	39 24.0	-16 43 09	F0p III
ε	Peg	+2.5	820	43 34.3	+09 49 02	K2 Ib
δ	Cap	+3.0	50	46 21.1	-16 11 04	A6m
γ	Gru	+3.2	400	53 10.5	-37 25 27	B0 III
α	Aqr	+3.2	1100	22 05 08.5	+00 00 18	G2 Ib
ι	Peg	+4.0	44	06 25.7	+25 17 01	F5 V
α	Gru	+2.2	64	07 27.0	-47 01 19	B5 V
θ	Peg	+3.7	78	09 34.1	+06 08 18	A3n V
ζ	Cep	+3.6	165	10 25.2	+58 08 22	K1 Ib
α	Tuc	+2.9	170	17 39.3	-60 19 20	K3 III
γ	Aqr	+4.0	82	21 00.6	-01 27 02	A9 III
δ	Cep	+3.7 <sub>v</sub>	650	28 42.3	+58 21 04	F5 Ib
α	Lac	+3.9	91	30 46.5	+50 13 05	A1 V
ζ	Peg	+3.6	190	40 50.3	+10 45 57	B0 V
β	Gru	+2.2	1100	41 55.5	-46 57 01	M5 III
γ	Peg	+3.1	230	42 24.9	+30 09 20	G0 II-III + F0
ι	Cep	+3.7	91	49 14.0	+66 08 05	K1 III
μ	Peg	+3.7	102	49 23.9	+24 32 08	G0 III
λ	Aqr	+3.8	270	51 57.8	-07 38 47	M2 III
δ	Aqr	+3.5	84	53 59.3	-15 53 15	A3 V
α	PsA	+1.3	23	56 57.7	-29 41 19	A3 V
ο	And	+3.5 <sub>v</sub>	470	23 01 20.6	+42 15 31	B5 III + A2p
β	Peg	+2.1 <sub>v</sub>	220	03 10.0	+28 00 53	M2 II - III
α	Peg	+2.6	110	04 08.3	+15 00 16	B9 V
BB	Aqr	+3.8	650	08 46.9	-21 14 25	K2 II
γ	Psc	+3.9	130	16 31.0	+03 12 50	G8 III
λ	And	+4.0	76	36 57.0	+46 23 26	G0 III - IV
γ	Cep	+3.4	51	38 49.6	+77 33 45	K1 IV

## Magyarázat a táblázatokhoz

A bolygók helyzetét a legfontosabb perturbációk figyelembevételével, 0,01 pontossággal számoltuk ki, amely megfelel a táblázatok pontosságának. A nyomtató sajátságai miatt a magyar szabványban előírt tizedesvessző helyett tizedespont szerepel mindenütt, de reméljük, ez nem okoz zavart.

A táblázatok részletes magyarázata:

**I. táblázat: Naptár.** Havonta közli a naptári adatokat, valamint a Nap és a Hold fontosabb adatait. A bal oldalon az oszlopok sorrendje: a dátum, a hét napjai, a hetek sorszáma az éven belül, a napok sorszáma az éven belül, ehhez kapcsolódóan a Julián-dátum (JD), amely a napok folytonos sorszámozása i. e. 4713. január 1-től. A csillagászatban egészen 1925-ig a polgári-tól eltérő időszámítást használtak azért, hogy éjféltkor ne változzon a dátum, a csillagászati dátumváltás (azaz 0<sup>h</sup>) a polgári idő szerint délben történt. Csak 1925. január 1-én egységesítették a polgári és csillagászati időszámítást, de a régi idők emlékét még őrzi a Julián-dátum. Ezt J. Scaliger vezette be 1582-ben, és a hagyományok miatt a napváltás 12<sup>h</sup> világidőkor következik be. Ezért szerepel a táblázat oszlopaiban mindig 0,5 végződés, 0<sup>h</sup> világidőkor (UT). A következő oszlopok a Nap keltét, delelését és nyugvását adják meg Budapesten közép-európai zónaidőben (KözEI), tehát nyári időszámítás alkalmazása idején a táblázatban megadott értékekhez egy órát hozzá kell adni, hogy a nyári időszámítás szerinti értékeket megkapjuk. A következő két oszlop a Hold keltét és nyugtát adja, szintén Budapestre, KözEI-ben. A Nap és a Hold esetében a nyugvás és kelés pillanata a korong felső peremének a látóhatárra (0° magasság) érése, a refrakció figyelembevételével. Magyarországon belül a földrajzi hosszúság és szélesség elérése miatt a megadott értékektől 10–15 perces különbség előfordulhat. Az utolsó oszlop pedig a holdfázisok időpontját adja KözEI-ben, a nyomtató karakterkészlete miatt ● — újhold, D — első negyed, ○ — telihold, C — utolsó negyed.

A jobb oldalon egységesen 0<sup>h</sup> világidőre vonatkozó adatok találhatók. Az első oszlopban a greenwichi valódi csillagidő, azaz az égi egyenlítő és az ekliptika pillanatnyi metszéspontjai közül a tavaszpontnak az óraszöge a

greenwichi meridiánon. Mivel ez a szög a nutáció pillanatnyi értékét tartalmazza, ez a csillagidő nem telik egyenletesen. A következő két oszlop a Nap ekvatoriális koordinátáit (RA = rektaaszzenzió és D = deklináció) adja az adott pillanatra vonatkoztatott koordináta-rendszerben, ezután a Nap látszó sugara következik. A további oszlopok ugyenezeket az adatokat tartalmazzák a Hold részére, valamint a Hold—Föld távolságot, a Föld egyenlítői sugarának (6378 km) egységeiben. Mindezek az adatok geocentrikusak, azaz a Föld középpontjára vonatkoztatottak, a Hold tényleges látszó helyzetét a megfigyelő földrajzi pozíciójának ismeretében lehet kiszámítani, a Nap és a bolygók esetében az adott pontossággal egybeesik a geocentrikus és a látszó helyzet. A Hold—Föld távolság a két égitest centrumának távolsága.

**II. táblázat: Heliografikus koordináták.** Ez a táblázat ötnapos időközönként közli a napfizikában használatos Carrington-féle koordináta-rendszer helyzetét. Mivel a Nap felszínén nincs rögzített pont, mint a Földön Greenwich, a heliografikus koordináta-rendszert a forgástengely helyzete, az átlagos forgási sebesség és egy tetszőlegesen megválasztott kezdőmeridián határozza meg. Carrington 1853 és 1861 között végzett mérései szerint a Nap egyenlítője  $7^{\circ} 15'$ -cel hajlik az ekliptikához, a Nap-egyenlítő felszálló csomójának az adott pillanatnyi ekliptikán mért hosszúsága  $\Omega = 73^{\circ} 4' + 50,25t$ , ahol  $t$  az 1850,0 óta eltelt évek száma. Az időtől függő tag a Föld tengelyének precesszióját veszi figyelembe. A Nap sziderikus (csillagokhoz viszonyított) forgási periódusa pedig 25,38 nap. Az ennek megfelelő szinodikus (a Földről látszó) forgási periódus kb. 27,3 nap, ez a Föld egyenlőtlen keringési sebessége miatt kismértékben változik az év folyamán. Kezdőmeridiánként azt tekintik, amely 1850. január 1-én greenwichi középdélkor haladt át a Nap egyenlítőjének felszálló csomóján.

A táblázat oszlopaiban  $P$  a Nap forgástengelyének pozíciósöge a geocentrikus északi irányhoz viszonyítva, pozitív, ha a Nap északi sarka kelet felé található a geocentrikus északi iránytól.  $B_0$  és  $L_0$  az adott időpontban a napkorong középpontjának Carrington-féle koordinátái. E három adat segítségével a napfelület bármely képződményének heliografikus koordinátái meghatározhatók mérések alapján. Egyes térképek összeállításánál használatosak a Carrington-féle rotációk is, amelyek a teljes napfelületet tartalmazza egy látszó körülfordulása során, amíg az  $L_0$   $360^{\circ}$ -tól  $0^{\circ}$ -ig változik, ezeket sorszámozzák 1853. november 9. óta, ekkor kezdődött az első. 1987-ben január 3-án kezdődik az 1784., december 24-én az 1797. rotáció.

**III. táblázat: Bolygókorongok megvilágítása és a Szaturnusz gyűrűje.** Tíznaponként közli a Merkúr, Vénusz és Mars részére azt, hogy a bolygó korongjának hány százalékát világítja meg a Nap, tehát a teljes bolygókorong és a megvilágított terület rész arányát, valamint a bolygó középpontjából nézve a Föld és a Nap látszólagos szögtávolságát. A Jupiter és a még távolabbi bolygók esetében a megvilágítottság mindig teljesnek vehető.

A táblázat utolsó két oszlopa a Szaturnusz gyűrűjének látszólagos nagy- és kistengelyét adja ívmásodpercben.

**IV. és IVa. táblázatok: Bolygók.** A nagy távcsövekben is pontszerűnek látszó, halvány Pluto kivételével tartalmazza a Naprendszer nagybolygóinak lényegesebb adatait. A gyorsan mozgó Merkúr és Vénusz számára 5, a Mars, Jupiter, Szaturnusz számára 10, az Uránusz és Neptunusz számára 30 naponként található meg a pillanatnyi látszólagos ekvatoriális koordináták (RA, D), a bolygókorong látszó sugara ívmásodpercben, a bolygó Földtől való távolsága Csillagászati Egységben (149 597 870 km), látszó fényessége magnitúdóban. A 0<sup>h</sup> világidőben megadott adatok mellett a megfigyelésekhez hasznos segítség a Budapestre KözEI-ben számított kelés, delelés és nyugvás időpontja. Itt, a Nap és a Hold keltéhez—nyugtához hasonlóan, 10—15 perc eltérés lehet Magyarországon belül.

**V. táblázat: Bolygók heliocentrikus ekliptikai koordinátái.** Tíznaponként tartalmazza az első hat bolygó (Merkúr—Szaturnusz) heliocentrikus ekliptikai hosszúságát ( $\lambda$ ) és szélességét ( $\beta$ ), valamint a rádiuszvektort, azaz a Nap—bolygó távolságot, Csillagászati Egységben. A hosszúságok az adott dátumra érvényes tavaszponttól lettek számolva. A Föld ekliptikai szélessége az adott pontossággal azonosan 0°, így feltüntetése felesleges.

**VI. táblázat: Jupiter-holdak.** E táblázatok anyagát a párizsi Bureau des Longitudes bocsátja rendelkezésünkre. A négy Galilei-féle Jupiter-hold (I = Io, II = Europa, III = Ganymedes, IV = Callisto) helyzeteit a táblázatok bal oldala mutatja grafikus formában. A dátumok jelzése értelemszerűen január 31. = február 0., január 32. = február 1. ... február 28. = március 0., február 29. = március 1., február 30. = március 2. stb. A táblázat jobb oldala a jelenségeket sorolja fel, tehát amikor a holdak a Jupiter árnyékába kerülnek (fogyatkozás), a Jupiter korongja mögé vagy elé kerülnek a Földről nézve, vagy árnyékuk látható a Jupiter korongján. Mindezeket a jelenségeket csak akkor tünteti fel a táblázat, ha Magyarországról megfigyelhetők, tehát a Jupiter egyrészt a látóhatár felett van, másrészt elég távol a Naptól, azaz éjszaka figyelhető meg. Emiatt a Jupiter-holdak helyzetét sem adjuk meg minden hónapra.

**VII táblázat: Mars és Jupiter centrálmeridiánja.** A bolygók felszíni alakzatainak megfigyelésénél fontos annak ismerete, hogy az adott pillanatban éppen melyik oldalát fordítja felénk. Erre szolgál e táblázat, amely naponta 0<sup>h</sup> világidőre megadja a Mars és a Jupiter korongjának középpontján átmenő, ún. centrálmeridián planetografikus hosszúságát. A planetografikus hosszúságokat a Mars esetében a Sinus Meridiani nevű felszíni képződménytől számolják, a Jupiter esetében két hosszúsági rendszer is van, amelyek különböző sebességgel forognak. Az interpolációnál vigyázni kell arra, hogy a Mars centrálmeridiánjának hosszúsága nem 10°-kal csökken, hanem 350°-kal nő 24 óra alatt! A Jupiter esetében az I. rendszer sziderikus forgási ideje 9<sup>h</sup>50<sup>m</sup>5, ez az egyenlítői részeknek felel meg, a II. rendszer 9<sup>h</sup>55<sup>m</sup>6-es



forgásideje vonatkozik a közepes szélességekre, így a Nagy Vörös Folt. Mivel a Naphoz hasonlóan a Jupiter esetében sem szilárd felszín látunk, a Nagy Vörös Folt hosszúsága is változik az idővel, lévén légköri képződmény. A hosszúságok interpolálását segéd táblázat könnyíti meg.

**VIII. táblázat: Csillagkatalógus.** Tartalmazza az égbolt összes csillagát, amelynek vizuális fényessége eléri a 4,0 magnitúdót. Az eddigi gyakorlattól eltérően a koordinátákat már nem az év elejére, hanem — a Nemzetközi Csillagászati Unió ajánlásának megfelelően — az év közepére adtuk meg, ezt jelzi az 1987.5 évszám a koordináták oszlopában. Az első oszlop a csillag nevét, azaz Bayer-féle görög betűjelzését vagy Flamsteed-féle számát tartalmazza, a csillagkép latin nevének hárombetűs rövidítésével. A második oszlop a csillag vizuális fényessége magnitúdóban, ezután következik távolsága fényévben. A negyedik és ötödik oszlop tartalmazza az év közepére kiszámolt pontos koordinátákat, míg az utolsó a csillag színképtípusát adja meg a Harvard- és Morgan—Keenan-féle kétdimenziós szinképosztályok szerint.

## A CSILLAGOS ÉG 1987-BEN

(Időpontok KözEI-ben. Nyári időszámítás esetén az adatokhoz egy órát hozzá kell adni!)

## Január

*Bolygók*

*Merkur:* előretartó mozgást végez 16-ig a Nyilas, utána a Bak csillagképben. A hó utolsó napjaiban egy órával nyugszik a Nap után, és napnyugta után kereshető a délnyugati égbolton. 12-én felső együttállásban a Nappal. 28-án fázisa 0,94; fényessége  $-1^m0$ , mindkettő csökkenő.

*Vénusz:* előretartó mozgást végez 8-ig a Mérleg, 8-tól 31-ig a Kígyótartó csillagképben. A hó elején négy, a végén három órával kel a Nap előtt. Mint hajnalcsillag ragyog a reggeli szürkületben a keleti égbolton. 15-én legnagyobb nyugati kitérésben  $47^\circ$  távolságra a Naptól. 16-án fényessége  $-4^m1$ , csökkenő; fázisa 0,50, növekedő.

*Mars:* előretartó mozgást végez a Halak csillagképben. A késő esti órákban nyugszik, és az esti órákban figyelhető meg.

*Jupiter:* előretartó mozgást végez a hó végéig a Vizöntő csillagképben. Az esti órákban nyugszik, és a kora esti órákban még megfigyelhető a délnyugati égbolton.

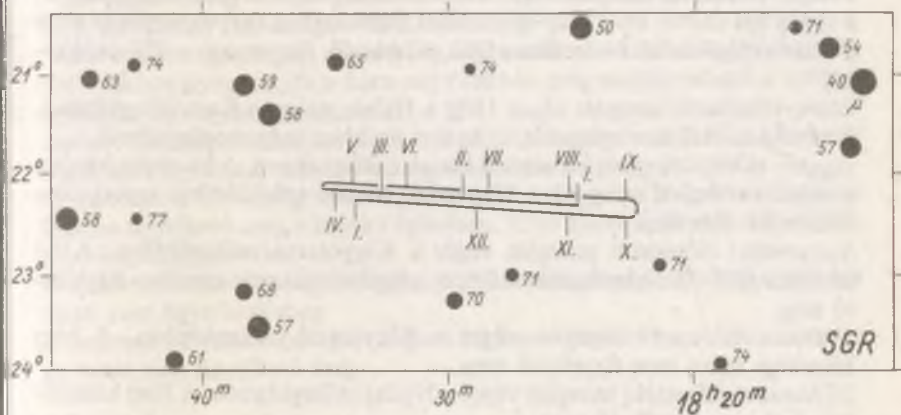
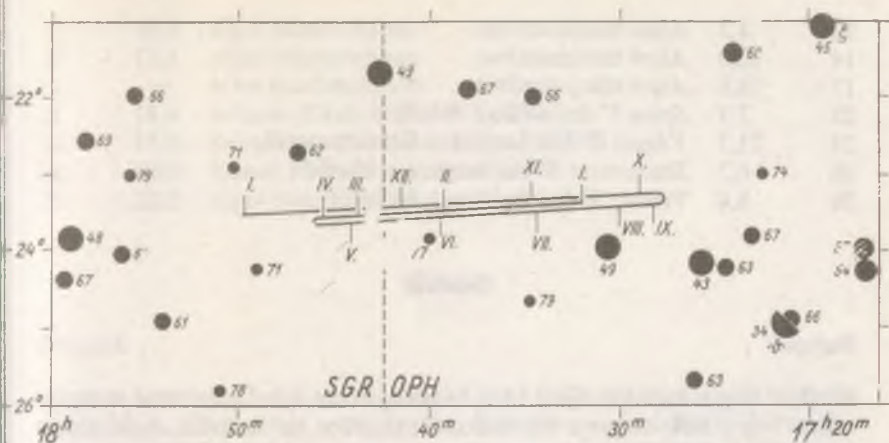
*Szaturnusz:* előretartó mozgást végez a Kígyótartó csillagképben. A hó elején két, a végén három és fél órával kel a Nap előtt. Napkelte előtt figyelhető meg a hajnali délkeleti égbolton.

*Uránusz:* előretartó mozgást végez a Kígyótartó csillagképben. A Nap közelsége miatt nem figyelhető meg (1. ábra).

*Neptunusz:* előretartó mozgást végez a Nyilas csillagképben. A Nap közelsége miatt nem figyelhető meg (2. ábra).

*Jelenségek*

nap	óra	
3	—	<i>Quadrantidák</i> meteorraj gyakorisági maximuma. Kékes fényűek, a kis fényességűek gyakoribbak
4	19,8	<i>Jupiter</i> $1^\circ$ -kal északra a Holdtól
5	13,1	<i>Mars</i> $1^\circ$ -kal északra a Holdtól
9	4,4	<i>Algol</i> minimumban



1—2. ábra. Az Uránusz (1) és Neptunusz (2) bolygó látszó pályája 1987. január 1-től 1988. január 1-ig. A vízszintes tengelyen a rektaszценzió, a függőleges tengelyen a deklináció. Az egyes csillagok melletti számok a fényességet jelölik tizedmagnitúdóban

12	1,2	<i>Algol</i> minimumban
14	22,0	<i>Algol</i> minimumban
17	18,8	<i>Algol</i> minimumban
22	7,1	<i>Spica</i> 1°-kal délre a Holdtól
24	21,3	<i>Vénusz</i> 2°-kal északra a Szaturnusztól
26	6,2	<i>Szaturnusz</i> 6°-kal északra a Holdtól
26	8,4	<i>Vénusz</i> 8°-kal északra a Holdtól

## Február

### Bolygók

**Merkur:** 6-ig előretartó, 6-tól 14-ig hátráló, utána újból előretartó mozgást végez. 3-ig a Bak, utána a Vízöntő csillagképben tartózkodik. A hó elején egy, közepén másfél órával nyugszik a Nap után. A hó első felében figyelhető meg napnyugta után a délkeleti égbolton. 12-én legnagyobb keleti kitérésben, 18° távolságra a Naptól. 27-én alsó együttállásban a Nappal. 13-án fázisa 0,48; fényessége  $-0^m,2$ , mindkettő csökkenő.

**Vénusz:** előretartó mozgást végez a Nyilas csillagképben. A hó elején három, a végén hat órával kel a Nap előtt. Mint hajnalcsillag ragyog napkelte előtt a délkeleti égbolton. 14-én fázisa 0,63, növekedő; fényessége  $-3^m,8$ , csökkenő.

**Mars:** előretartó mozgást végez 15-ig a Halak, utána a Kos csillagképben. A késő esti órákban nyugszik, és az esti órákban még megfigyelhető.

**Jupiter:** előretartó mozgást végez a Halak csillagképben. A hó elején három, a végén két órával nyugszik a Nap után. Az esti szürkületben kereshető a délnyugati égbolton.

**Szaturnusz:** előretartó mozgást végez a Kígyótartó csillagképben. A hó közepén éjfél után három órával kel, és a hajnali délkeleti égbolton figyelhető meg.

**Uránusz:** előretartó mozgást végez a Kígyótartó csillagképben. A Nap közelsége miatt nem figyelhető meg.

**Neptunusz:** előretartó mozgást végez a Nyilas csillagképben. A Nap közelsége miatt nem figyelhető meg.

### Jelenségek

nap	óra	
1	15,3	<i>Jupiter</i> 0°7'-kal északra a Holdtól
3	11,9	<i>Mars</i> 0°3'-kal délre a Holdtól
3	23,7	<i>Algol</i> minimumban

6	20,5	<i>Algol</i> minimumban
9	17,3	<i>Algol</i> minimumban
12	—	<i>Mira</i> maximumban
21	18,4	<i>Antares</i> 0°6'-kal délre a Holdtól
22	17,2	<i>Szaturnusz</i> 6°-kal északra a Holdtól
24	20,0	<i>Vénusz</i> 7°-kal északra a Holdtól
26	22,2	<i>Algol</i> minimumban

## Március

### Bolygók

**Merkur:** előretartó mozgást végez a *Vízöntő* csillagképben. A hó közepén háromnegyed órával kel a Nap előtt, és ekkor megkísérrelhető keresése a hajnali délkeleti égbolton. 26-án legnagyobb nyugati kitérésben, 28° távolságra a Naptól. 15-én fázisa 0,29; fényessége +0,9<sup>m</sup>, mindkettő növekedő.

**Vénusz:** előretartó mozgást végez 2-ig a *Nyilas*, 2-től 25-ig a *Bak*, utána a *Vízöntő* csillagképben. A hó elején két, a végén egy órával kel a Nap előtt. Mint hajnalszillag látható napkelte előtt a délkeleti égbolton. 13-án fázisa 0,73, növekedő; fényessége -3,6<sup>m</sup>, csökkenő.

**Mars:** előretartó mozgást végez 27-ig a *Kos*, utána a *Bika* csillagképben. Az esti órákban nyugszik, és a kora esti órákban még megfigyelhető a nyugati égbolton, de fényessége már csak +2<sup>m</sup>0.

**Jupiter:** előretartó mozgást végez a *Halak* csillagképben. A Nap közelsége miatt nem figyelhető meg. 27-én együttállásban a Nappal.

**Szaturnusz:** a hó végéig előretartó mozgást végez, és a *Kígyó*tartó csillagképben figyelhető meg a hajnali égbolton. A hó elején éjfél után két órával, a hó végén éjfélkor kel.

**Uránusz:** előretartó mozgást végez a *Nyilas* csillagképben. A Nap közelsége miatt nem figyelhető meg.

**Neptunusz:** előretartó mozgást végez a *Nyilas* csillagképben. A Nap közelsége miatt nem figyelhető meg.

### Jelenségek

nap	óra	
1	13,1	<i>Jupiter</i> 0°01'-kal délre a Holdtól
1	19,0	<i>Algol</i> minimumban
4	11,6	<i>Mars</i> 2°-kal délre a Holdtól
21	20,8	<i>Algol</i> minimumban
22	0,4	<i>Szaturnusz</i> 7°-kal északra a Holdtól

25	—	<i>Hydridák meteorraj</i> (március 12-től április 4-ig) gyakori-sági maximuma
26	13,4	<i>Vénusz</i> 3°-kal északra a Holdtól
27	8,9	<i>Merkur</i> 2°-kal északra a Holdtól
29	13,5	<i>Gyűrűs-teljes napfogyatkozás</i> , tőlünk nem látható. A gyűrűs-teljes fogyatkozás vonala Dél-Argentínából indul, és a déli Atlanti-óceánon áthaladva Afrika egyenlítői vidékét szeli át

## Április

### Bolygók

*Merkur*: előretartó mozgást végez 11-ig a Vízöntő, 11-től 30-ig a Halak csillagképben. E hó folyamán nem kerül megfigyelésére kedvező helyzetbe. *Vénusz*: előretartó mozgást végez 17-ig a Vízöntő, utána a Halak csillagképben. Egy órával kel a Nap előtt, és mint hajnalcsillag figyelhető meg a délnyugati égbolton. 14-én fázisa 0,82, növekedő; fényessége  $-3^m,4$ , csökkenő.

*Mars*: előretartó mozgást végez a Bika csillagképben. Az esti órákban nyugszik, és a kora esti órákban még megfigyelhető a nyugati égbolton.

*Jupiter*: előretartó mozgást végez a Halak csillagképben. A Nap közelsége miatt nem figyelhető meg.

*Szaturnusz*: a hó elejétől hátráló mozgást végez a Kígyótartó csillagképben. Éjfél előtt kel, és a hajnali égbolton figyelhető meg.

*Uránusz*: a hó elejétől hátráló mozgást végez a Nyilas csillagképben. Éjféltől kel, és a keleti hajnali égbolton újra megfigyelhető.

*Neptunusz*: 9-ig előretartó, utána hátráló mozgást végez a Nyilas csillagképben. A Nap közelsége miatt nem figyelhető meg.

### Jelenségek

nap	óra	
2	10,4	<i>Mars</i> 3°-kal délre a Holdtól
3	—	<i>Virginidák meteorraj</i> (március 21-től május 10-ig) gyakori-sági maximuma
13	19,3	<i>Algol</i> minimumban
14	2,9	<i>Spica</i> 1°-kal délre a Holdtól. Ez alkalommal tőlünk is látható, amint a nyugvó telihold a csillagot elfedi. Belépés a holdkorong mögé 3 <sup>h</sup> 32 <sup>m</sup> -kor, kilépés a holdkorong mögül 4 <sup>h</sup> 36 <sup>m</sup> -kor

14	3,4	<i>Részleges holdfogyatkozás a félárnyékban, tőlünk részben látható. Belépés a félárnyékba 1<sup>h</sup> 19<sup>m</sup>8-kor, legnagyobb fázis 3<sup>b</sup> 19<sup>m</sup>-kor, fogyatkozás vége 5<sup>b</sup> 18<sup>m</sup>2-kor. Legnagyobb fázis 0,80 holdátmérő. A fogyatkozás nem olyan látványos, mivel a félárnyék csak alig észrevehető színváltozást okoz</i>
18	5,9	<i>Szaturnusz 7°-kal északra a Holdtól</i>
18	14,9	<i>Uránusz 5°-kal északra a Holdtól</i>
19	12,7	<i>Merkur 1°-kal délre a Jupitertől</i>
21	—	<i>Lyridák meteorraj (április 19-től 29-ig) gyakorisági maximuma. Fényesek</i>
25	13,5	<i>Vénusz 1°-kal délre a Holdtól</i>
26	7,1	<i>Jupiter 1°-kal délre a Holdtól. Tőlünk megfigyelhető, amint a kelő Hold sötét pereme 4<sup>h</sup> 23<sup>m</sup>-kor a Jupitert elfedi</i>
29	11,0	<i>Plútó szembenállásban a Nappal</i>

## Május

### Bolygók

**Merkur:** előretartó mozgást végez 10-ig a Kos, 10-től 30-ig a Bika, utána az Ikrek csillagképben. A hó közepén egy, a végén két órával nyugszik a Nap után. Az év folyamán ez alkalommal kerül megfigyelésére legkedvezőbb helyzetbe. A hó második felében látható napnyugta után a nyugati égbolton. 26-án két fokkal a Pollux alatt halad el. 7-én felső együttállásban a Nappal. 20-án fázisa 0,82; fényessége  $-0^m,9$ , mindkettő csökkenő.

**Vénusz:** előretartó mozgást végez 19-ig a Halak, utána a Kos csillagképben. Egy órával kel a Nap előtt, és mint hajnalcsillag figyelhető meg napkelte előtt a délkeleti égbolton. 12-én fázisa 0,88, növekedő; fényessége  $-3^m,3$ , változatlan.

**Mars:** előretartó mozgást végez 20-ig a Bika, utána az Ikrek csillagképben. Az esti órákban nyugszik, és az esti szürkületben a nyugati égbolton még megfigyelhető.

**Jupiter:** előretartó mozgást végez a Halak csillagképben. A hó végén két órával kel a Nap előtt, és ekkor újra kereshető a hajnali szürkületben a délkeleti égbolton.

**Szaturnusz:** hátráló mozgást végez a Kígyótartó csillagképben. Az esti órákban kel, és a késő esti órától kezdve figyelhető meg.

**Uránusz:** hátráló mozgást végez 27-ig a Nyilas, utána a Kígyótartó csillagképben. Éjfél előtt kel, és az éjszaka második felében figyelhető meg.

**Neptunusz:** hátráló mozgást végez a Nyilas csillagképben. Éjfél előtt kel, és az éjszaka második felében újra megfigyelhető.

## Jelenségek

nap	óra	
1	7,6	Mars 4°-kal délre a Holdtól
4	—	$\eta$ Aquaridák meteorraj (április 22-től május 12-ig) gyakorisági maximuma (maradandó nyommal)
4	23,3	Vénusz 0,6°-kal délre a Jupitertől
13	—	$\chi$ Cygni maximumban
15	11,6	Szaturnusz 6°-kal északra a Holdtól
15	21,3	Uránusz 5°-kal északra a Holdtól
16	15,5	Neptunusz 6°-kal északra a Holdtól
24	1,0	Jupiter 2°-kal délre a Holdtól
25	17,0	Vénusz 4°-kal délre a Holdtól
29	14,2	Merkur 3°-kal délre a Holdtól
30	3,3	Mars 4°-kal délre a Holdtól

## Június

### Bolygók

**Merkur:** 20-ig előretartó, utána hátráló mozgást végez az Ikrék csillagképben. A hó elején két, a végén egy órával nyugszik a Nap után. A hó első felében figyelhető meg napnyugta után a nyugati égbolton. 7-én legnagyobb keleti kitérésben, 24° távolságra a Naptól. 5-én fázisa 0,42; fényessége +0<sup>m</sup>5, mindkettő csökkenő.

**Vénusz:** előretartó mozgást végez 4-ig a Kos, utána a Bika csillagképben. Egy órával kel a Nap előtt, és mint hajnalcsillag figyelhető meg napkelte előtt a délkeleti égbolton. 13-án fázisa 0,94, növekedő; fényessége -3<sup>m</sup>3, változatlan.

**Mars:** előretartó mozgást végez az Ikrék csillagképben. A hó elején két, a végén egy órával nyugszik a Nap után. Keresése az esti szürkületben kísérhető meg a nyugati égbolton.

**Jupiter:** előretartó mozgást végez a Halak csillagképben. A hó elején két, a végén három órával kel a Nap előtt. A hajnali délkeleti égbolton figyelhető meg.

**Szaturnusz:** hátráló mozgást végez a Kígyótartó csillagképben. Az egész éjszaka folyamán megfigyelhető. 9-én szembenállásban a Nappal.

**Uránusz:** hátráló mozgást végez a Kígyótartó csillagképben. Az egész éjszaka folyamán megfigyelhető. 16-án szembenállásban a Nappal.

**Neptunusz:** hátráló mozgást végez a Nyilas csillagképben. Egész éjszaka megfigyelhető. 28-án szembenállásban a Nappal.



## Jelenségek

nap	óra	
7	22,3	<i>Spica</i> 0°9'-kal délre a Holdtól. Tőlünk is megfigyelhető, amint a Hold a csillagot elfedi. Belépés a Hold sötét peremén 22 <sup>h</sup> 36 <sup>m</sup> -kor, kilépés a fényes perem mögül 23 <sup>h</sup> 37 <sup>m</sup> -kor
10	3,6	<i>Algol</i> minimumban
11	18,4	<i>Szaturnusz</i> 6°-kal északra a Holdtól
12	5,3	<i>Uránusz</i> 5°-kal északra a Holdtól
12	23,7	<i>Neptunusz</i> 6°-kal északra a Holdtól
14	—	<i>Scorpius-Sagittaridák meteorraj</i> (április 20-tól július 30-ig) gyakorisági maximuma
16	—	<i>Lyridák meteorraj</i> (június 10-től 21-ig) gyakorisági maximuma. Kékes meteorok, halvány nyommal
20	16,5	<i>Jupiter</i> 3°-kal délre a Holdtól
24	20,6	<i>Vénusz</i> 5°-kal délre a Holdtól
27	22,1	<i>Mars</i> 4°-kal délre a Holdtól

## Július

### Bolygók

**Merkur:** 16-ig hátráló, utána előretartó mozgást végez az Ikrek csillagképben. A hó közepén egy, végén másfél órával kel a Nap előtt. A hó második felében figyelhető meg napkelte előtt a keleti égbolton. 25-én legnagyobb nyugati kitérésben, 20° távolságra a Naptól. 24-én fázisa 0,34; fényessége +0<sup>m</sup>6, mindkettő növekedő.

**Vénusz:** előretartó mozgást végez 5-ig a Bika, 5-től 27-ig az Ikrek, utána a Rák csillagképben. A hó elején egy, a végén már csak fél órával kel a Nap előtt. A hó első felében mint hajnalcsillag kereshető napkelte előtt a keleti égbolton. 3-án fázisa 0,97, fényessége -3<sup>m</sup>3, mindkettő növekedő.

**Mars:** előretartó mozgást végez 2-ig az Ikrek, utána a Rák csillagképben. A Nap közelsége miatt nem figyelhető meg.

**Jupiter:** előretartó mozgást végez a Halak csillagképben. Éjfél előtt kel, és a hajnali délkeleti égbolton figyelhető meg.

**Szaturnusz:** hátráló mozgást végez a Kígyótartó csillagképben. A hó elején két, végén egy órával nyugszik éjfél után, és az éjszaka első felében figyelhető meg.

**Uránusz:** hátráló mozgást végez a Kígyótartó csillagképben. Éjfél után nyugszik, és az éjszaka első felében figyelhető meg.

*Neptunusz*: hátráló mozgást végez a Nyilas csillagképben. Éjfél után nyugszik, és az éjszaka első felében figyelhető meg.

### Jelenségek

nap	óra	
3	2,1	<i>Algol</i> minimumban
9	2,1	<i>Szturnusz</i> 6°-kal északra a Holdtól
9	14,3	<i>Uránusz</i> 5°-kal északra a Holdtól
10	9,3	<i>Neptunusz</i> 6°-kal északra a Holdtól
12	1,6	<i>Merkur</i> 5°-kal délre a Vénusztól
18	5,8	<i>Jupiter</i> 4°-kal délre a Holdtól
23	3,8	<i>Algol</i> minimumban
24	0,9	<i>Merkur</i> 8°-kal délre a Holdtól
26	0,6	<i>Algol</i> minimumban
28	—	$\delta$ <i>Aquaridák meteorraj</i> (július 25-től augusztus 19-ig) gyakorisági maximuma (kettős radiánssal)

### Augusztus

#### Bolygók

*Merkur*: előretartó mozgást végez 5-ig az Ikrek, 5-től 15-ig a Rák, utána az Oroszlán csillagképben. A hó első napjaiban még másfél órával kel a Nap előtt, és ekkor még megkereshető a hajnali keleti égbolton. 19-én felső együttállásban a Nappal. 2-án fázisa 0,64; fényessége  $-0^m,5$ , mindkettő növekedő.

*Vénusz*: előretartó mozgást végez 13-ig a Rák, utána az Oroszlán csillagképben. E hó folyamán nem kerül megfigyelésre kedvező helyzetbe. 21-én felső együttállásban a Nappal.

*Mars*: előretartó mozgást végez 2-ig a Rák, utána az Oroszlán csillagképben. A Nap közelsége miatt nem figyelhető meg. 25-én együttállásban a Nappal.

*Jupiter*: 20-ig előretartó, utána hátráló mozgást végez a Halak csillagképben. Az esti órákban kel, és a késő esti óráktól kezdve már megfigyelhető.

*Szturnusz*: 19-ig hátráló, utána előretartó mozgást végez a Kígyótartó csillagképben. Éjfélkor nyugszik, és a késő esti órákig még megfigyelhető.

*Uránusz*: hátráló mozgást végez a Kígyótartó csillagképben. Éjfélkor nyugszik, és az esti órákban még megfigyelhető.

*Neptunusz*: hátráló mozgást végez a Nyilas csillagképben. A késő esti órákban nyugszik, és a kora esti órákban még kereshető a délnyugati égbolton.

## Jelenségek

nap	óra	
1	—	<i>Capricornidák meteorraj</i> (július 15-től augusztus 20-ig) gyakorisági maximuma (sárga tűzgömbökkel)
5	0,2	<i>Antares</i> 0°1'-kal északra a Holdtól
5	9,9	<i>Szaturusz</i> 6°-kal északra a Holdtól
5	22,9	<i>Uránusz</i> 5°-kal északra a Holdtól
6	—	<i>Aquaridák meteorraj</i> (július 15-től augusztus 25-ig) gyakorisági maximuma (kettős radiánssal)
6	18,6	<i>Neptunusz</i> 6°-kal északra a Holdtól
12	—	<i>Perseidák meteorraj</i> (július 25-től augusztus 18-ig) gyakorisági maximuma (fényes, széttöredező meteorok, halvány nyommal)
14	16,7	<i>Jupiter</i> 4°-kal délre a Holdtól
16	2,3	<i>Algol</i> minimumban
18	23,1	<i>Algol</i> minimumban
20	—	<i>κ Cygnidák meteorraj</i> (augusztus 11-től 21-ig) gyakorisági maximuma (robbanó tűzgömbökkel)
28	19,8	<i>Spica</i> 0°2'-kal délre a Holdtól

## Szeptember

### Bolygók

*Merkur*: előretartó mozgást végez 3-ig az Oroszlán, utána a Szűz csillagképben. E hó folyamán nem kerül megfigyelésére kedvező helyzetbe.

*Vénusz*: előretartó mozgást végez 11-ig az Oroszlán, utána a Szűz csillagképben. E hó folyamán nem kerül megfigyelésére kedvező helyzetbe.

*Mars*: előretartó mozgást végez 28-ig az Oroszlán, utána a Szűz csillagképben. A Nap közelsége miatt nem figyelhető meg.

*Jupiter*: hátráló mozgást végez a Halak csillagképben. A kora esti órákban kel, és az egész éjszaka folyamán megfigyelhető.

*Szaturusz*: előretartó mozgást végez a Kígyótartó csillagképben. Az esti órákban nyugszik, és a kora esti órákban még megfigyelhető a délnyugati égbolton.

*Uránusz*: 1-től előretartó mozgást végez a Kígyótartó csillagképben. A Nap közelsége miatt nem figyelhető meg.

*Neptunusz*: 17-ig hátráló, utána előretartó mozgást végez a Nyilas csillagképben. A Nap közelsége miatt nem figyelhető meg.

## Jelenségek

nap	óra	
1	17,3	<i>Szaturnusz</i> 6°-kal északra a Holdtól
2	6,3	<i>Uránusz</i> 5°-kal északra a Holdtól
4	4,0	<i>Algol</i> minimumban
7	0,9	<i>Algol</i> minimumban
9	21,7	<i>Algol</i> minimumban
11	0,7	<i>Jupiter</i> 4°-kal délre a Holdtól
12	—	<i>Piscidák meteorraj</i> (augusztus 16-tól október 8-ig) gyakorisági maximuma
23	3,9	<i>Gyűrűs napfogyatkozás</i> , tőlünk nem látható. A gyűrűs fogyatkozás vonala az Aral-tótól indulva Közép-Ázsián és Kinán áthaladva, Sanghaj környékén éri el a Csendes-óceánt, ahol a Salamon-szigeteket érintve a Szamoa-szigetekig halad
25	5,7	<i>Merkur</i> 0°3'-kal északra a Holdtól
27	2,6	<i>Algol</i> minimumban
29	0,9	<i>Szaturnusz</i> 6°-kal északra a Holdtól
29	23,4	<i>Algol</i> minimumban

## Október

### Bolygók

**Merkur:** 19-ig előretartó, utána hátráló mozgást végez 6-ig a Szűz, 6-tól 25-ig a Mérleg, utána újból a Szűz csillagképben. E hó folyamán sem kerül megfigyelésére kedvező helyzetbe. 4-én legnagyobb keleti kitérésben, 26° távolságra a Naptól. 28-án alsó együttállásban a Nappal.

**Vénusz:** előretartó mozgást végez 16-ig a Szűz, utána az Oroszlán csillagképben. A hó elején fél, a végén háromnegyed órával nyugszik a Nap után, mint alkonyicsillag. Keresése napnyugta után kísérelhető meg a nyugati látóhatár közelében. 22-én fázisa 0,96, csökkenő, fényessége  $-3^m,3$ , változatlan.

**Mars:** előretartó mozgást végez a Szűz csillagképben. A Nap közelsége miatt nem figyelhető meg.

**Jupiter:** hátráló mozgást végez a Halak csillagképben. Egész éjszaka megfigyelhető. 27-én szembenállásban a Nappal.

**Szaturnusz:** előretartó mozgást végez a Kígyótartó csillagképben. A hó elején három, végén két órával nyugszik a Nap után. Napnyugta után kereshető a délnyugati égbolton.

**Uránusz:** előretartó mozgást végez a Kigyótartó csillagképben. A Nap közelsége miatt nem figyelhető meg.

**Neptunusz:** előretartó mozgást végez a Nyilas csillagképben. A Nap közelsége miatt nem figyelhető meg.

### Jelenségek

nap	óra	
2	20,2	<i>Algol</i> minimumban
7	—	<i>Holdfogyatkozás a félárnyékban</i> , tőlünk részben látható. Belépés 2 <sup>h</sup> 52 <sup>m</sup> 9-kor, legnagyobb fázis 5 <sup>h</sup> 1 <sup>m</sup> 6-kor, vége 7 <sup>h</sup> 10 <sup>m</sup> 3-kor. A legnagyobb fázis 1,00 holdátmérő. A Hold 5 <sup>h</sup> 59 <sup>m</sup> -kor nyugszik. A félárnyék csak alig észrevehető színárnyalat-változást okoz
8	5,7	<i>Jupiter:</i> 4°-kal délre a Holdtól
17	4,3	<i>Algol</i> minimumban
20	1,1	<i>Algol</i> minimumban
20	1,6	<i>Merkur</i> 3°-kal délre a Vénusztól
21	—	<i>Orionidák meteorraj</i> (október 16-tól 27-ig) gyakorisági maximuma (többszörös radiánssal, maradandó nyommal)
21	5,2	<i>Mars</i> 2°-kal északra a Holdtól
22	21,9	<i>Algol</i> minimumban
24	4,4	<i>Vénusz</i> 4°-kal északra a Holdtól
25	18,6	<i>Algol</i> minimumban
26	10,0	<i>Szaturnusz</i> 6°-kal északra a Holdtól

## November

### Bolygók

**Merkur:** 7-ig hátráló, utána előretartó mozgást végez. 17-ig a Szűz, utána a Mérleg csillagképben tartózkodik. A hó elején egy, közepén egy és háromnegyed, végén újból egy órával kel a Nap előtt. Napkelte előtt figyelhető meg a keleti égbolton. 13-án legnagyobb nyugati kitérésben, 20° távolságra a Naptól. 14-én fázisa 0,62; fényessége  $-0^m,4$ , mindkettő növekedő.

**Vénusz:** előretartó mozgást végez 24-ig a Kigyótartó, utána a Nyilas csillagképben. A hó elején háromnegyed, végén másfél órával nyugszik a Nap után. Mint alkonyicsillag figyelhető meg napnyugta után a délnyugati égbolton. 20-án fázisa 0,92, csökkenő, fényessége,  $-3^m,3$ , növekedő.

**Mars:** előretartó mozgást végez a Szűz csillagképben. A hó elején két, a

végén három órával kel a Nap előtt. Újra megfigyelhető a hajnali szürkületben a keleti égbolton.

*Jupiter*: hátráló mozgást végez a Halak csillagképben. A hajnali órákban nyugszik, és egész éjszaka megfigyelhető.

*Szaturnusz*: előretartó mozgást végez a Kígyótartó csillagképben. A hó elején két, a végén egy órával nyugszik a Nap után. Napnyugta után kereshető az esti szürkületben a délnyugati látóhatár közelében.

*Uránusz*: előretartó mozgást végez 24-ig a Kígyótartó, utána a Nyilas csillagképben. A Nap közelsége miatt nem figyelhető meg.

*Neptunusz*: előretartó mozgást végez a Nyilas csillagképben. A Nap közelsége miatt nem figyelhető meg.

### Jelenségek

nap	óra	
4	8,3	<i>Jupiter</i> 4°-kal délre a Holdtól
9	—	<i>Tauridák meteorraj</i> (október 18-tól november 30-ig) gyakorisági maximuma (kettős rádiánssal, gyakori tűzgömbökkel)
9	2,8	<i>Algol</i> minimumban
11	23,6	<i>Algol</i> minimumban
14	20,4	<i>Algol</i> minimumban
17	—	<i>Leonidák meteorraj</i> (november 14-től 20-ig) gyakorisági maximuma (fényesek, maradandó nyommal)
17	17,2	<i>Algol</i> minimumban
19	1,9	<i>Mars</i> 3°-kal északra a Holdtól
20	2,0	<i>Merkur</i> 6°-kal északra a Holdtól
20	17,1	<i>Vénusz</i> 2°-kal délre a Szaturnusztól
22	22,1	<i>Szaturnusz</i> 6°-kal északra a Holdtól
23	2,5	<i>Vénusz</i> 4°-kal északra a Holdtól
24	11,1	<i>Vénusz</i> 0°9'-kal délre az Uránusztól
29	4,5	<i>Algol</i> minimumban

## December

### Bolygók

*Merkur*: előretartó mozgást végez 4-ig a Mérleg, 4-től 7-ig a Skorpió, 7-től 19-ig a Kígyótartó, utána a Nyilas csillagképben. A hó első napjaiban egy órával kel a Nap előtt. 23-án felső együttállásban a Nappal. 2-án fázisa 0,94; fényessége  $-0^m,6$ , mindkettő növekedő.

*Vénusz*: előretartó mozgást végez 22-ig a Nyilas, utána a Bak csillagképben. A hó elején másfél, végén két és fél órával nyugszik a Nap után. Mint alkonyicsillag látható az esti szürkületben a délnyugati égbolton. 22-én fázisa 0,87, csökkenő; fényessége  $-3^m3$ , növekedő.

*Mars*: előretartó mozgást végez 4-ig a Szűz, utána a Mérleg csillagképben. Éjfél után négy órával kel, és a hajnali keleti égbolton figyelhető meg.

*Jupiter*: 16-ig hátráló, utána előretartó mozgást végez a Halak csillagképben. A hó elején két, végén egy órával nyugszik éjfél után, és az éjszaka első felében figyelhető meg.

*Szaturnusz*: előretartó mozgást végez 10-ig a Kigyótartó, utána a Nyilas csillagképben. E hó folyamán nem figyelhető meg. 16-án együttállásban a Nappal.

*Uránusz*: előretartó mozgást végez a Nyilas csillagképben. A Nap közelsége miatt nem figyelhető meg. 19-én együttállásban a Nappal.

*Neptunusz*: előretartó mozgást végez a Nyilas csillagképben. A Nap közelsége miatt nem figyelhető meg. 29-én együttállásban a Nappal.

### Jelenségek

nap	óra	
1	10,7	<i>Jupiter</i> 4°-kal délre a Holdtól
2	1,3	<i>Algol</i> minimumban
3	10,6	<i>Vénusz</i> 2°-kal délre a Neptunusztól
4	22,4	<i>Algol</i> minimumban
7	19,0	<i>Algol</i> minimumban
14	—	<i>Geminidák meteorraj</i> (december 7-től 15-ig) gyakorisági maximuma (gyakran tűzgömbökkel, sok teleszkopikus meteorral)
16	4,1	<i>Spica</i> 0°1'-kal északra a Holdtól
17	22,0	<i>Mars</i> 5°-kal északra a Holdtól
22	—	<i>Ursidák meteorraj</i> (december 17-től 24-ig) gyakorisági maximuma
22	3,0	<i>Algol</i> minimumban
22	22,7	<i>Vénusz</i> 2°-kal északra a Holdtól
24	23,8	<i>Algol</i> minimumban
27	20,7	<i>Algol</i> minimumban
28	16,1	<i>Jupiter</i> 4°-kal délre a Holdtól
30	17,5	<i>Algol</i> minimumban





## II. BESZÁMOLÓK

## II. BESZÁMOLÓK

AZ MTA CSILLAGÁSZATI KUTATÓ INTÉZETE  
1985. ÉVI TEVÉKENYSÉGE

**A kutatással kapcsolatos fejlesztés**

Az EMI 9659 QB típusú fotoelektronsokszorozókhöz modellezett és legyártott szűrők ellenőrző vizsgálata megtörtént. Eredményes kísérleteket végeztünk az elektronsokszorozó hűtésével kapcsolatban, annak  $-20^{\circ}\text{C}$ -on való stabilizálására. A hűtött montírun g elkészült, az ellenőrző mérések a számításokat igazolták. Befejeztük az UBVRI fotométer mechanikai és optikai tervezését, az alkatrészek mintegy 90%-ban elkészültek. Elkészült néhány elektromos részegység is (nagyfeszültségű táp, impulzusmotor-meghajtó-fokozat, peltier elemek meghajtó- és vezérlőfokozata, táposztó és tápfigyelő áramkörök).

Az RCC teleszkópba beépített kábelek csak kváziszacioner jelek átvitelére alkalmasak, ezért kísérleteket végeztünk a fotométerbe beépíthető nagy sebességű (100 MHz feletti) ECL számlálókkal. A számláló CAMAC-ról való vezérlését, tartalmának soros adatúton való kiolvasását — 100 kHz órafrekvenciával — megoldottuk. Munkák folytak a piszkés-tetői időalap vevőoldali egységeinek továbbfejlesztésén is. Befejeztük az RCC teleszkóp óragépvezérlésének felújítását.

A Napfizikai Obszervatóriumban 1984-ben ideiglenes jelleggel áthelyezett exponálóberendezést véglegesítettük a foteheliográfion, ezáltal az expozíció teljesen automatikus. Folytatódtak a Zeiss mikrofotométer automatizálási munkálatai, továbbá a DAREAL televíziós területmérőn kialakítottunk egy lehetőséget a feketedés abszolút kalibrálására.

Bajai obszervatóriumunkba a szegedi egyetem támogatásával egy Commodore 64, míg Baja városi tanácsának támogatásával egy Spectrum ZX személyi számítógépet vásároltunk.

*Változócsillagok*

A piszkés-tetői 50, illetve 102 cm-es teleszkópokkal tovább folytattuk a programunkban szereplő különböző típusú változócsillagok ( $\delta$  Cephei, RR Lyrae,  $\delta$  Scuti, RV Tauri, SRd, változó szuperóriások, T Tauri, RS Canum Venaticorum, BY Draconis csillagok) fotoelektromos megfigyelését.

Az RS Boo többperiódusú RR Lyrae változóra korábban összegyűjtött megfigyelési anyagot újra analizáltuk, s azt kaptuk, hogy a 61 napos másodperiódus folyamán a fénygörbe maximumának és minimumának fázisa mindig azonos irányban változik, míg az 533 napos harmadperiódus esetében ez a változás ellentétes irányú. Ez arra mutat, hogy a másodperiódust kiváltó hatás nincs kapcsolatban a pulzációval, míg a harmadperiódus szerinti változások a Blazsko-effektus következményei.

Amerikai kutatókkal közösen vizsgáltuk az M 15 (Oosterhoff II. típus), valamint az NGC 6171 és NGC 6723 (Oosterhoff I. típus) gömbhalmazok RR Lyrae csillagainak tulajdonságait. A két Oosterhoff-osztály változóinak Fourier-koefficiensei között kis szisztematikus különbségek adódtak. Az első felharmonikusban pulzáló változók valamennyi paraméterükben elkülönülnek az alpmódusban rezgő változókétól. Ugyanakkor a 20 évet átfedő megfigyelésekből az is kimutatható volt, hogy a változók pulzációs tulajdonságai ennyi idő alatt kimutatható változásokat nem szenvednek el.

Ugyancsak amerikai kutatókkal közösen vizsgáltuk az instabilitási zóna változói többmódusú rezgéseinek tulajdonságait, kihasználva a nemrezonáns amplitúdóegyenletek bifurkációját. A kettős módusú pulzáció egyszerűen értelmezhető, mint az alap- és első felharmonikus rezgés közötti nemrezonáns kölcsönhatás eredménye. Mindez persze nem jelenti azt, hogy a közeli rezonanciáknak nincs érezhető hatásuk.

Az RR Lyrae- és cefeida-fénygörbéket kalibráltuk az effektív hőmérsékletre és nehézségi gyorsulásra. Ezek alapján meghatároztuk a kalibrált csillagok távolságát is.

A HR 8752 = V 509 Cas G hiperóriás csillag pulzációs tulajdonságait fotometriai úton tanulmányoztuk. Csillagfejlődési modellek segítségével meghatároztuk a csillag fizikai paramétereit:  $M = 30 M_{\odot}$ ,  $M_{\text{kezd}} = 40 M_{\odot}$ ,  $R = 850 R_{\odot}$ ,  $T_{\text{eff}} = 5000 \text{ K}$  és  $Q_0 = 0,087$ . Régi katalógusokból és fotometriákból megállapítható volt, hogy a HR 8752 átlagos fényessége a múlt században legalább 0,5 magnitúdóval halványabb volt, mint most. Fényváltozása igen jellegzetes, fényesebb és halványabb maximumok követik egymást. E jelenséget, egy előzetes modell alapján, a radiális pulzáció által gerjesztett vagy feldúsított tömegvesztés okozza.

Bolgár együttműködésben vizsgáltuk az UU Her-t. Az 1984-es és 1985-ös

adatokat egybevetve látható, hogy bár a periódus mindkét évben azonos (kb. 71 nap) volt, a fényváltozás amplitúdója 1985-re megnövekedett.

Részletesen vizsgáltuk — amerikai kutatókkal együttműködve — a HK Lac hosszú periódusú RS CVn csillagon a foltok (aktív területek) hosszú időskálájú viselkedését. A csillagon kimutatható két aktív hosszúság, egymástól kb.  $100^\circ$  távolságra. A csillagon levő két foltos terület mindig ezeken a hosszúságokon található. Sikerült kimutatni, hogy a foltok általában gyorsabban haladnak előre, mint az a környező fotoszféra rotációjából következne, azaz a foltok előresietnek a rotáció irányába. Részben a foltok jól megbecsülhető élettartama alapján, részben a csillag átlagfényességének változásából egy kb. 7 éves foltciklus jelenléte gyanítható. Az igen alaposan átészlelt utolsó 7 éves ciklus alatt egy alkalommal az egyik folt megszűnt létezni, rövid ideig csak egy folt okozta fényváltozás volt megfigyelhető, majd a másik aktív hosszúságon egy új folt jelent meg. Az újonnan keletkezett folt nagy sajátmozgást mutatott, míg általában két régi folt esetén alig van sajátmozgás.

Számításokat végeztünk az SV Cam rövid periódusú RS CVn típusú változón megfigyelt flerkitörések energiaviszonyaira. A számítások  $10^{35}$  erg nagyságrendű értéket adnak, és ez mintegy ezerszerese a Nap felületén észlelt flerkitörések energiájának.

A DK Cyg fedési változó vizsgálata során kimutattuk, hogy fénygörbeváltozással rendelkezik, s periódusa növekvő.

Részben Interkozmosz együttműködésben, részben az IUE és Exosat holdakkal szimultán megfigyeltük a TT Ari, AG Dra, YY Gem, II Peg és HM Sge eruptív, illetve aktív csillagokat.

### *Sztellárstatisztika*

Az NGC 1342 térségében 520 csillag spektrálklasszifikációját és UBV fotografikus fotometriáját végeztük el. Az NGC 7686 körüli terület F7 spektráltípusnál fiatalabb csillagairól készített spektrálklasszifikációs és fotometriai anyag alapján meghatároztuk a csillagok térbeli sűrűségeloszlását a B8—A1, A2—A3, A4—A7, A8—F2 és F3—F7 színképtípusokra. A B8—A1, illetve az A típusú csillagok egyesített sűrűséggörbéjét összehasonlítottuk különböző elméleti modellekkel, és azt kaptuk, hogy a megfigyelésekből származtatott sűrűségek jól értelmezhetők egy izotermális modellel.

Izotermális modell feltételezésével meghatároztuk a galaktikus környezetünkben levő teljes anyagmennyiséget, melyre a B8—A1 csillagokra  $0,105 M_{\odot} \text{pc}^{-3}$ , míg az A csillagokra  $0,159 M_{\odot} \text{pc}^{-3}$  adódott, amely a hibahatáron belül megegyezik a más szerzők által publikált értékekkel.

A Cepheus OB2 asszociációban levő IC 1396 HII-zóna térségében talált  $155 H_{\alpha}$  objektum magnitúdóit kimértük, és a látszó magnitúdó szerinti eloszlásból arra következtettünk, hogy ezek az objektumok az asszociáció-

hoz tartoznak. Az ebben az évben ugyanerről a területről készült felvételeken újabb 60 emissziós objektumot találtunk, ami arra utal, hogy ezeknek az objektumoknak java része változó.

A Schmidt-távcsővel tovább folytattuk a Pleiadok nyílthalmaz rendszeres fotografálását, együttműködve az örmény akadémia bjurakáni intézetével. Befejeztük az eddig összegyűlt fotografikus anyagon a flerek kimérését és a mérések redukcióját. Újra átvizsgáltuk az NGC 7000 vidékéről 1979 és 1984 között készített bjurakáni és budapesti észleléseket, és négy új flert találtunk. A felvillanások a már ismert flercsillagokban történtek.

A mátrai Schmidt-teleszkóppal 148 felvételt készítettünk az égbolt galaxisokban gazdag területeiről. A felvételek átvizsgálása során egy 16,5 magnitúdós szupernóvát fedeztünk föl egy Anonym ( $\alpha = 0^h 47^m 4; \delta = 31^\circ 28'$ ) galaxisban, az Andromeda-ködben pedig egy nóvát találtunk, melynek meghatároztuk pontos pozícióját is.

### *Felsőlégtéri kutatások*

Elvégeztük több ezer, az 1975—1977-es évekre vonatkozó skálamagassági profilunk újabb elemzését. Módszert vezettünk le arra, hogy a skálamagassági adatokból a hőmérsékletet és az erre a magassági tartományra (300—400 km) jellemző O/N<sub>2</sub> arányt meghatározzuk, majd e két paraméter változásait vizsgáltuk a helyi idő függvényében és az év folyamán. Az eredmények közül kiemelhető, hogy a déli félteke hőmérséklete ebben az időszakban átlagosan 40°K-kal magasabb volt, mint az északi féltekéé. Az O/N<sub>2</sub> arány féléves változást mutat, maximumokkal az ekvinokcium táján, míg a hőmérséklet maximumai aszimmetrikusan jelentkeznek az év folyamán. A megfigyelt változások korrelációt mutatnak az ionoszférikus paraméterekkel.

Légtéri vizsgálatainkat kiterjesztettük a 400—600 km-es tartományra is. A francia akcelerométeres sűrűségértékeket összehasonlítottuk DTM modellértékekkel, és időbeni bonyolult struktúrájú, szignifikáns eltérések adódtak. Ennek ellenére felismerhetők voltak bizonyos ideig tartó periodikus, illetve hullámjelenségek és nagyobb lokális anomáliák.

Sikerült megmagyaráznunk azokat a felsőlégtéri hőmérséklet-növekedéseket, amelyeket amerikai kutatók tapasztaltak interferométeres méréseikben. A nagy, 500°-os többléghőmérsékletű napokat 8—12 nappal korábban a galaktikus kozmikus sugárzás erőteljes csökkenései előzték meg. Ezáltal megerősítést nyert az a hipotézisünk, hogy a galaktikus kozmikus sugárzás intenzitáscsökkenései a magnetoszférán keresztül történő energiabetáplálás jelzésére alkalmasak.

Folytattuk a Geodéziai és Geofizikai Kutatóintézetrel közös kutatásain-

kat, melyek célja a geomágneses utóhatás párhuzamos vizsgálata a semleges felsőlégrében és az ionoszférában. A vizsgálatokba bolgár kutatók is bekapcsolódtak.

### *Napfizika*

Tovább folytattuk a debreceni Napfizikai Observatóriumban és gyulai megfigyelőállomásán a rendszeres fotoszféraészleléseket, valamint a debreceni koronográfban a kromoszféraészleléseket. Utóbbiak a nemzetközileg koordinált észlelési kampányok keretében történtek, és jó anyag gyűlt össze a Prognosz-sorozat holdjai, illetve a Spacelab—2 repülésének időszakára. Megfigyelési anyagot küldtünk szovjet, NDK-beli, lengyel, amerikai és japán kutatóknak.

Nemzetközi együttműködésben folytattuk a Nap Maximum Év megfigyelési anyagának feldolgozását. Főképpen a nagyobb napkitörések előtti napfolt-sajátmozgásokat vizsgáltuk, esetenként magukkal a flerekkel együtt, de kimérésre került egy olyan napfoltcsoport is (SESC 2744, 1980. október), amelyben kicsi volt az aktivitás, ebben a mozgások is kisebbeknek adódtak. Szovjet társszerzővel az 1981. májusi nagy foltcsoportban megállapítottuk, hogy a parazita mágneses polaritások lényeges hatással vannak a napkitörés fejlődésére. Cseh társszerzőkkel vizsgáltuk az 1981. július 26-i fehér folt tulajdonságait, beleértve rádió- és röntgensugárzását is. Ugyanebben az időszakban, de egy másik foltcsoportban, szintén cseh kollégával, egy folt fejlődését vizsgáltuk egyidejű  $H_{\alpha}$ - és röntgenmegfigyelések alapján. Kimértük a napfoltok sajátmozgását egy nagyon aktív, több fehér folt adó foltcsoportban (HR 18 405, 1982. június) és egy másik foltcsoportban, amely ennek a napciklusnak legnagyobb csoportja (HR 18 474, 1982. július) volt. Az előbbinél a foltok relatív mozgásának irányváltozása, az utóbbinál az ellentétes mágneses polaritású foltok párhuzamos, de ellentétes irányú mozgása előzte meg a nagyobb flereket. Folyamatban vannak más foltcsoportok feldolgozásai is.

Tovább dolgoztunk a *greenwichi katalógus* folytatásának előkészítésén, újabb korrekciók figyelembevételével ismét kimértük az 1977-es anyagot, valamint az újabb korrekciókhoz szükséges programokat kifejlesztettük.

Folytatódtak a mélységi differenciális rotációval kapcsolatos munkák, valamint a Wilson-effektussal és a naprotációval kapcsolatos mérések. Nagyobb mennyiségű színképi anyagon sikerült kimutatni egy mágnesesen fel nem hasadó titánvonal fotoszférával ellentétes előjelű aszimmetriáját napfoltokban. Az effektus elméleti értelmezése az inhomogén napfoltmodellek alapján oldható meg. Tovább folytattuk a kétdimenziós spektroszkópiai észlelésekre végzett kísérleteket. Számításokat végeztünk az új típusú exponáló optikai átviteli függvényére és a fotoheliográfok optikai rendszereinek vizsgálatára.

Az ELTE Csillagászati Tanszékével közösen vizsgáljuk a naptevékenység egyes paramétereiben jelentkező periódusokat, valamint a naptevékenység egyes paramétereinek az időjárásra gyakorolt hatását.

### *Egyéb munkák*

Folytattuk a Nap-dinamó elméletére és a Nap általános mágneses terére vonatkozó magnetohidrodinamikai kutatásainkat. Ugyancsak folytattuk a hélium típusú ionok nemrelativisztikus elméletében végzett munkát.

A korai Univerzumra vonatkozó vizsgálataink során fizikus kollégákkal együttműködve egzakt termodinamikai leírást dolgoztunk ki az Univerzum Hawking-sugárzására, és általában a kozmológiai vákuumra. Ennek alapján megadtunk néhány új vákuumdominált relativisztikus világmodellt. Vizsgáltuk ezekben a vákuum hőmérsékletének változását, és ennek hatását a közönséges anyagi komponens hőmérsékletére az ős-Univerzumban.

Égimechanikai kutatásaink során vizsgáltuk a két mozdatlan centrum probléma egy speciális, aszimptotikus esetét, és a megoldást sikerült elliptikus kvadratúrákon keresztül kifejezni.

Tág kettős rendszerek megfigyelt apszismozgása néha nagymértékben eltér az elméletileg várhatótól. Kimutattuk, hogy a fotometriai adatok alapján levezetett eltérések klasszikusan is magyarázhatók, ha a komponensek forgási és keringési paraméterei speciális (de reálisnak tűnő) feltételeknek tesznek eleget. A kapott eredményeket a DI Her kettős rendszerre alkalmaztuk.

Részt vettünk a VEGA-program tv-képfelvévő rendszerével kapcsolatos földi optikai kalibrációs munkákban. Az intézet piszkás-tetői távcsöveivel bekapcsolódtunk a Nemzetközi Halley Megfigyelési Kampányba (IHW). 1985 őszétől készített 22 felvételen tudtuk az üstökös pozícióját kimérni, és az eredményeket továbbítottuk az IHW központjába. A felvételeken a kóma fejlődése és a csóva kialakulása is nyomon követhető.

A Kozmikus Geodéziai Observatórium munkatársaival együtt kidolgoztunk több tanulmányt az űr-VLBI-kísérletek geodinamikai alkalmazási lehetőségeinek vizsgálata céljából. Az egyik tanulmány függeléként megjelenik az ESA *Quasat* nevű űr-VLBI-programja alapdokumentumában.

### **Nemzetközi kapcsolataink, kutatóink oktató és népszerűsítő tevékenysége, részvételük a tudományos közéletben**

Kutatóink számos külföldi konferencián vettek részt, többnyire élénk visszhangot kiváltó előadással. Ezek a következők voltak: SMA Workshop, Irkutszk (Csepura, Dezső, Gesztelyi, Kálmán, Nagy); NSO/SMM Summer Meeting, Sacramento Peak (Gesztelyi); FBS Workshop, Sacramento Peak



(Dezső, Gesztelyi); KAPG konferencia, Leningrád (Kálmán); konferencia a Halley pályaszámításáról, Varsó (Veres); IK felsőlégköri szeminárium, Szimeiz (Ill, Illés); IK Kozmikus Fizikai Szakbizottság ülése, Berlin (Almár); IK röntgensillagászati munkaülése, Tatra Lomnicka (Balázs L.); IAF kongresszusa, Stockholm (Almár); Cospar Workshop, Stara Zagora (Illés); IAU 116. szimpóziuma, Porto Heli (Zsoldos); IAU szocialista tagországok nemzeti bizottságainak egyeztető értekezlete, Varsó (Almár, Balázs L.); IAU kongresszusa, New Delhi (Almár, Oláh, Szeidl).

Az MTA egyezményes keretei terhére több kutatóknak adódott lehetősége, hogy külföldi intézetekben dolgozhasson. Balázs L. (2 hét) az NDK-TA asztrofizikai intézetében Potsdamban, Oláh (1 hó) és Barlai (2 hét) a bolgár akadémia rozseni obszervatóriumában, Nagy (1 hét) a szovjet akadémia kiszlovodszki, Ludmány (1 hét) az ukrán akadémia kijevi intézetében, Zsoldos (1 hó), Bódi és Sturmán (2-2 hét) az örmény akadémia bjurakáni obszervatóriumában dolgoztak. Oláh, Szabados (1-1 hó), Almár, Jankovics, Kanyó és Paparó (2-2 hét) az egyiptomi akadémia helwani intézetében, Ill (2 hét) a belgrádi obszervatóriumában, Balázs L. (1 hó) a bécsi csillagvizsgálóban volt tanulmányúton. Kovács G. egész évben ösztöndíjasként a floridai egyetem asztrofizikai intézetében dolgozott. A „Csillagok fizikája és fejlődése” elnevezésű többoldalú együttműködés varsói nyári iskoláján Oláh, Paparó és Zsoldos (1-1 hét) vettek részt. Szabados egyhetes szíriai meghívásnak tett eleget, s több előadást tartott. Barlai osztrák meghívásra néhány napot a bécsi csillagvizsgálóban dolgozott egy közös archaeo-asztronómiai munkán. Tóth a VEGA-program keretében néhány alkalommal, rövidebb ideig, Moszkvában dolgozott. Gesztelyi aspirantúrájával kapcsolatban többször is Ondrejovba utazott.

Intézetünkben több mint 50 külföldi vendéget fogadtunk, zömmel a „Csillagok fizikája és fejlődése” elnevezésű többoldalú együttműködés „Eruptív jelenségek a csillagokban” budapesti szimpóziumon, és az MTA együttműködési megállapodásainak keretében.

A hazai rendezvények közül, melyeken jelentősebb létszámmal képviseltük magunkat, említésre méltó a visegrádi őszi iskola (szeptember 18—20.) és a XIII. Ionoszféra Szeminárium (Noszvaj, október 15—18.).

Almár, Balázs L., Barcza és Szabados az ELTE-n, Ill a JATE-n, Kálmán a KLTE-n, míg Veres a Janus Pannonius Tanárképző Főiskolán tartott rendszeresen előadást. Az intézet kutatói igen aktívak voltak az ismeretterjesztésben, számos népszerűsítő előadást és bemutatást tartottak, valamint több ismeretterjesztő cikket írtak.

Almár a Nemzetközi Asztronautikai Akadémia rendes tagja lett. Illés MTESZ KASZ nivódíjat kapott. Patkós a fizikai tudomány kandidátusa, Szeidl pedig a fizikai tudomány doktora lett. Az IAU közgyűlésén New Delhi-ben Szeidlt a Változócsillag Bizottság elnökévé választották.

## A kutatók fontosabb, idegen nyelvű közleményei

- Almár I.: "The Rate of Cosmic Discoveries and the Influence of ETI on it", *Acta Astronautica* 11, 731—733.
- Almár I. (T.: Ádám J.): "The Role of a Geodynamic Observatory in the Geodetic Net", *Nabl. ISZZ* 21, 553—569.
- Balázs L.: "Problems of Calibrations of Objective Prism Plates", in: "Astronomical Instruments and Methods of Observations" (eds.: S. Marx and R. Ziener), *Acad. Sci. of GDR*. 5.
- Balázs L., Paparó M., Tóth I.: "Distribution of Stars of Spectral Types of F7 and Earlier in a Field around NGC 7686", *Comm. Konkoly Obs. of Hung. Acad. of Sci.*, No. 85. 291—329.
- Dezső L.—Csepura Gy.—Gerlei O.—Kovács Á.—Nagy I.: "Sunspot Motions and Magnetic Shears as Precursors of Flares", *Adv. Space Research*, 4, No. 7. 57—60.
- Dezső L.—Gesztelyi L. (T.: S. F. Martin—R. D. Bentley—A. Schadee—A. Antalova—A. Kucera—K. L. Harvey—H. Jones—S. H. B. Livi—J. Wang): "Relationship of a Growing Flux Region to Flares", *Adv. Space Research*, 4, No. 7. 61—70.
- Gesztelyi L.: "Consecutive Homologous Flares and their Relations to Sunspot Motions", *Adv. Space Research*, 4, No. 7. 19—22.
- Ill M.: "Density Variations Connected with the 11-Year Solar Cycle", *Nabl. ISZZ*, 21, 221—229.
- Ill M.: „Isszledoványija nyejtralnoj verhneye atmosfere v Vengrii”, *Nabl. ISZZ*, 22, 48—59.
- Ill M.: "The Geomagnetic Effect in Equatorial Regions", *ISZZ*, 22, 114—129.
- Ill M. (T.: C. Berger—F. Barlier): "Importance of Wave Dissipation in the Behaviour of Equatorial and Tropical Thermosphere", *Nabl. ISZZ*, 23, 325—332.
- Illés E.: "Correlation between Upper Atmospheric Density and Intensity of Galactic Cosmic Radiation", *Nabl. ISZZ*, 21, 308—312.
- Illés E. (T.: Bencze P.—Márcz F): "Is there Any »After Effect« in Density Variations of the Neutral Atmosphere?", *Nabl. ISZZ*, 23, 333—337.
- Illés E.—Horváth A. (T.: Horváth F.—Gesztési A.): "In Situ Measurements to Determine if Phobos is Layered", *Acta Astronautica*, 12, 445—464.
- Jankovics I. (T.: I. Appenzeller—R. Östreicher): "Forbidden-line Profiles of T Tauri Stars", *Astron. Astrophys.*, 141, 108—115.
- Jankovics I. (T.: I. Appenzeller—R. Östreicher): "Forbidden Emission Line Profiles as Indicators of Nonisotropic Mass Loss", *Mitt. Astron. Ges.*, Nr. 62. 247.
- Jankovics I. (T.: H. S. Chavushjan): "Repeated Flare-ups on Flare Stars in NGC 7000 Region", *Inf. Bull. Var. Stars*, No. 2814.

- Kálmán B.: "Magnetic Field Structure Changes in the Vicinity of Solar Flares", *Adv. Space Research*, 4, No. 7. 81—85.
- Kálmán B. (T.: V. N. Ishkov—A. K. Markeev—V. V. Fomichev—G. P. Chernov—I. M. Chertok—O. B. Likin—N. F. Pisarenko—M. Karlicky—A. Tlamicha—F. Fárnik—B. Valnicek): "Analysis of the Flare of May 16th, 1981 with a Complex Space-Time Structure Using Optical, X-Ray Data and Radio Observations", *Bull. Astr. Inst. Czechoslovakia*, 36, 81—96.
- Lovas M.: "Supernova in an Anonymous Galaxy", *IAU Circ.*, No. 4108.
- Oláh K. (T.: A. Eaton—D. S. Hall—G. W. Henry—E. W. Burke—C. R. Chambliss—R. E. Fried—H. J. Landis—H. Louth—T. R. Renner—H. J. Stelzer—R. P. Wasatonic): "Starspot Modelling of the RS CVn Binary HK Lacertae", *Astrophys. Space Sci.*, 108, 137—152.
- Paál Gy. (T.: Diósi L.—Keszthelyi B.—Lukács B.): "Symmetry Breaking GUT Phase Transitions with Irreversibilities", *Physics Letters*, 157B, 23—26.
- Papará M.—Jankovics I. (T.: M. A. Hamdy): "Photoelectric Observation of DK Cyg", *Inf. Bull. Var. Stars*, No. 2838.
- Szabados L.: "Duplicity among the Cepheids in the Northern Hemisphere", *in: Cepheids: Theory and Observations*, *Proc. IAU Coll.*, No. 82 (ed.: B. F. Madore). Cambridge University Press, 75—78.
- Szabados L. (T.: D. Chochol—G. A. Bakos—C. Bartolini—A. Guarnieri—A. Dapergolas): "Photoelectric Photometry of the Eclipsing Binary V 505 Mon", *Contr. Astr. Obs. Skalnaté Pleso*, 13, 75—91.
- Szeidl B.: "RR Lyrae Variables", *in: Reports on Astronomy*, *IAU Trans.*, vol. XIX. A., 289—291.
- Veres F.: "K voprosu evoljucii orbit ISZZ pod gyejsztvijami gravitacion-nüh vozmuscényij", *Nabl. ISZZ*, 21, 42—47.
- Zsoldos E.—Oláh K.: "UBV Photometry of HR 8752", *Inf. Bull. Var. Stars*, No. 2715.

AZ ELTE CSILLAGÁSZATI TANSZÉKÉNEK  
MŰKÖDÉSE AZ 1985. ÉVBEN

A tanszék személyi állománya 1985. szeptember 1-én a következő volt:

*Budapesti munkahelyel:* Dr. Balázs Béla, kandidátus, tanszékvezető egyetemi docens, külföldön; Dr. Marik Miklós, kandidátus, megbízott tanszékvezető egyetemi docens; Dr. Érdi Bálint, kandidátus, egyetemi docens; Dr. Szécsényi-Nagy Gábor, egyetemi adjunktus; Vizi Zsuzsanna, egyetemi tanársegéd, szabadságon; Surek György, megbízott egyetemi tanársegéd; Pap Judit, tudományos munkatárs; Pintér Zsolt, tudományos segédmunkatárs; Nagy Ágnes, előadó; Vörös Tibor, tudományos munkatárs (részfoglalkozás); Hajdu Judit, egyetemi hallgató, könyvtáros (részfoglalkozás); Elter János, műszerész (részfoglalkozás); Kolláth Zoltán, egyetemi hallgató, demonstrátor; Dr. Almár Iván, a fizikai tudományok doktora, címzetes egyetemi tanár, megbízott előadó; Dr. Barcza Szabolcs, kandidátus, címzetes egyetemi docens, megbízott előadó; Dr. Balázs Lajos, kandidátus, megbízott előadó; Dr. Szabados László, kandidátus, megbízott előadó; Ponori-Thewrewk Aurél, megbízott előadó.

*Szombathelyi munkahelyel:* Dr. Tóth György, obszervatóriumvezető, tudományos munkatárs; Vincze Ildikó, tudományos segédmunkatárs; Vámosi László, tanszéki mérnök; Dologh Ervin, műszaki főelőadó; Horváth József, tudományos ügyintéző.

Györgyey Judit egyetemi tanársegéd 1985. augusztus 31-én megvált tanszéküktől, és véglegesen az Amerikai Egyesült Államokba költözött.

Balázs Béla a bécsi egyetem vendégprofesszoraként a „Sternhaufen und Assoziationen” és a „Spiralstruktur der Milchstrasse” című tárgyakat adta elő.

A tanszék oktatómunkája az elmúlt évhez képest lényegesen nem változott, a tanrendben 1985-ben is ugyanazok az előadások és gyakorlatok szerepelnek, amelyeket 1984-ben is meghirdettünk (így ezeket most újból nem soroljuk fel). Az egyetlen különbség Pap Judit *A naptevékenység* című új, speciális előadása.

Az 1985-ös évben csillagász részzszakos diplomát kapott: Baranyi Tünde, Dobai Ágnes, Dologh Ervin, Pintér Zsolt és Vincze Ildikó.

A tanszék műszerellátottságát 1985-ben a beszűkült anyagi lehetőségek miatt csak igen szerény mértékben sikerült javítani. Asztali számítógépünkhez beszereztünk egy színes tv-készüléket, továbbá egy EMI típusú Starlight—1 félprofesszionális csillagászati fotométert a hallgatói mérések fejlesztéséhez. A Gothard Observatórium egy komplett „Spektrum +” számítógéppel, továbbá egy képmagnóval gyarapodott.

Az Eötvös Loránd Fizikai Társulat csillagászati csoportjával közösen szervezett Országos Csillagászati Szemináriumon az 1985-ös évben a következő előadások hangzottak el: Balázs Béla: *A spirálkarok szögsebességének meghatározása nyílthalmazok segítségével*; Győri Lajos: *A csillagászati leképezés problémái*; Ponori-Thewrewk Aurél: *Napfogyatkozások a Bibliában*; Illés Erzsébet: *Ami a felsőlégkör-modellekből kimaradt*; Pintér Zsolt: *A napaktivitás és a felsőlégkör hőmérsékletének összefüggése*.

Tanszékünk és az Eötvös Loránd Fizikai Társulat közös rendezésében tartottuk meg szeptember 18—20. között a már hagyományossá vált visegrádi nyári iskolát „Mozgások a Napon és a csillagokon” címmel. A tudományos programot Ludmány András szervezte. A nyári iskola keretében emlékeztünk meg a Csillagászati Tanszék fennállásának 50 éves évfordulójáról is. A megnyitón az egyetem vezetése nevében Meskó Attila professzor üdvözölte a megjelenteket, majd Marik Miklós tartott előadást a Csillagászati Tanszék történetéről. A konferenciának összesen 45 résztvevője volt, köztük kettő az NDK-ból, kettő a Szovjetunióból, kettő Egyiptomból és egy Jugoszláviából. Összesen húsz előadás hangzott el, köztük ötöt külföldi tartott. Az előadások a következő nagyobb témaköröket ölelték fel: Az Univerzum tágulása; Az energiátanszporttal kapcsolatos mozgások; Az égitestek forgása; Periodikus jelenségek; Plazmahullámok és -mozgások.

### Tudományos kutatások

**Nyílthalmazok többszín-fotometriája és galaktikus eloszlásuk vizsgálata** (Témafelelős: Balázs Béla; kooperációban az MTA Csillagászati Kutató Intézetével.)

„A csillagok fizikája és fejlődése” elnevezésű multilaterális akadémiai együttműködés keretében szovjet, NDK-beli és csehszlovák kollégákkal együtt 1985-ben is tovább folytattuk a *Csillagthalmaz Katalógus 2.* kiegészítése kiadásához kapcsolódó munkálatokat. A kézirat előre láthatóan 1986 első negyedében készül el, és a kiadvány megjelenése 1987-re várható az Akadémiai Kiadónál. Balázs Béla Viktor Szebehely professzorral (USA) együtt a texasi Austinban elvégezte a dinamikus csillagászat témakörében tartott második MTA-NSF szimpózium anyagának szerkesztését. A kiadvány 1986 januárjában jelent meg a University of Texas Press gondozásában. Balázs Béla 67 különböző korú nyílthalmaz integrált fotometriai para-

métereit vizsgálta UBV rendszerben. Eredményei szerint a  $10^8$  évnél fiatalabb halmazokra az  $[I(M_v), I(B-V)_0]$ ,  $[I(U-B)_0, I(B-V)_0]$ ,  $[I(M_v), \lg t]$  és  $[I(M_v), r]$  relációk lineárisak (bár az utolsó esetben elképzelhető, hogy szelekciós hatásról van szó); ez azonban — ellentétben egyes szerzők korábbi véleményével — az  $[I(B-V)_0, \lg t]$  és  $[I(U-B)_0, \lg t]$  összefüggésekről még ebben a korcsoportban sem mondható el. A témakörrel — melynek fontosságát mindenekelőtt a csillagkeletkezési, illetve -fejlődési, valamint halmazdinamikai elméletek ellenőrzési lehetősége adja meg — előadást tartott a „Csillaghalmaz” szimpóziumon. (A rendezvény anyaga a témafelelős és dr. Szécsényi-Nagy Gábor szerkesztésében előre láthatólag 1986 első felében jelenik meg.)

A témakörben 1985 folyamán megjelent tudományos publikáció:

Balázs Béla: *Die galaktische Position unserer Sonne und die Optimierung der Suchstrategie zum Nachweis ausserirdischer Zivilizationen*. Die Sterne, 1985, 61, 131.

Szécsényi-Nagy Gábor folytatta a flercsillagok vizsgálatát. A Pleiadok nyílthalmaz tagjaira és a területén, illetve látszólagos környezetében észlelhető csillagokra vonatkozó adatokat feldolgozva statisztikus módszerrel kimutatta, hogy a vizsgálatok körébe bevont vörös törpe csillagok (túlnyomórészt dMe típusú, rendkívül ritkán felvillanó flercsillagok) igen nagy valószínűséggel halmaztagok. A vizsgálatok alapján megállapítható, hogy a nyílthalmazok csillagainak igen tetemes hányada flercsillag. Megvizsgálta a Nap 5 pc sugarú környezetében talált csillagok adatait, és azt találta, hogy ebben a tartományban minden második csillag dMe típusú. Összevetve ezt a Pleiadok nyílthalmazra kapott eredményekkel, megállapítható, hogy a kis tömegű halvány csillagok igen gyakoriak. Eredményeiről 1985 májusában a „Nyílthalmazok és asszociációk” szimpóziumon számolt be *On the role of flare stars in open clusters* című előadásában. Az előadás szövege a szimpózium kiadványában fog megjelenni.

A témakörben készült publikáció:

Szécsényi-Nagy Gábor: *On the flare activity variations of H II 2411*. Communications from the Konkoly Observatory of the Hung. Acad. of Sciences. Megjelenés alatt.

**A plazmafizika csillagászati alkalmazásai** (Témafelelős: Marik Miklós)

Ebben a témakörben folytattuk az  $A_p$  csillagok felszínére vonatkozó modellek elméletének kidolgozását és a napállandó változásainak és bizonyos földi jelenségek kapcsolatának feltárását. Vincze Ildikó az 53 Camelopardalisra és az  $\eta$  Carinae-re kidolgozott modellt bemutatta a Krimben 1985 májusában tartott IAU Szimpóziumon, és eredményei a szimpózium kiadványában fognak megjelenni. A modellek további fejlesztéséről konzultációkat folytatott és előadást tartott Moszkvában a Sternberg Csillagászati Intézetben. Pap Judit és Pintér Zsolt folytatta a naptevékenység természetének és földi hatásainak vizsgálatát. Már korábban sikerült kimutatni, hogy a fiatal és gyorsan változó mágneses terű, ún. aktív foltcsoportok megjelené-

sében egy 24 napos periódus figyelhető meg, amely feltételezésünk szerint kapcsolatban van a Nap mélyebben fekvő területeivel. Az elmúlt évben végzett vizsgálatokból kitűnik, hogy az aktív folterületekben a napfoltmaximumkor kapott 24 napos periódus a minimum felé haladva növekszik, és közelít a 28 napos, már korábban ismert periódushoz. Ez az eredmény a jövőben lehetőséget kínál a naptevékenység vizsgálatára a Nap felszíne alatti mélység szerint is. Pap Judit vizsgálatai azt sugallják, hogy a napállandó csökkenésekor a hiányzó energia egy része elraktározódik a konvektív zónában, és ez csak az aktív vidékek öregedésével sugárzódik ki. Ez alátámasztja a témafelelős korábbi elméleti jellegű vizsgálatait. Az MTA Csillagászati Kutató Intézetének Napfizikai Osztályával együttműködve vizsgáltuk a flerindexekben mutatkozó periodicitást is. A napaktivitás és az alsó légkör hőmérséklete közötti kapcsolatot vizsgálva Pintér Zsolt az SMM műhold adatait felhasználva jó korrelációt kapott. Pap Judit elkészítette *A napállandó változásainak kapcsolata a naptevékenységgel* című kandidátusi disszertációját.

A témakörben készített publikációk:

Pap Judit: *Variation of the Solar Constant during 1978/79 and 1981*. Bulletin of the Astronomical Institutes of Czechoslovakia (1985). Megjelenés alatt.

Pintér Zsolt—Pap Judit—Molnár Sándor: *A magnetoszféra folyamatainak tükröződése az alsólégkörben*. Ionoszféra és Magnetoszféra Fizika Közlemények XIII., MTE SZ Központi Asztronautikai Szakosztály, Budapest (1985). Megjelenés alatt.

Gesztelyi Lídia—Pap Judit: *Young Sunspot Groups as Tracers of Radial Differential Rotation of the Sun*. Bulletin of the Astronomical Institutes of Czechoslovakia (1985). Megjelenés alatt.

### Égimechanika (Témafelelős: Érdi Bálint)

Az égimechanikai kutatások elsősorban a korlátozott háromtest-probléma  $L_4$ ,  $L_5$  Lagrange-pontjai körüli mozgások vizsgálatára irányultak. A Ljapunov-exponensek módszerének alkalmazásával tanulmányoztuk a stabil és instabil tartományok határának szerkezetét. Az elliptikus korlátozott háromtest-problémán belül meghatároztuk a stabil tartomány méretének az excentricitástól való függését. Tovább folytattuk a trójai kisbolygók mozgásemelétének vizsgálatát is, és meghatároztuk a pályaelemek magasabb rendű fő perturbációit. Vizsgáltuk a Deprit-féle kanonikus perturbációszámítási módszer általánosítási lehetőségeit.

A témakörben elkészült publikációk:

Érdi Bálint: *Critical Inclination of Trojan Asteroids*. Celestial Mechanics, 1984, 34, 435—441.

Érdi Bálint: *Recent Results on Trojan Asteroids* Proceedings of the 2nd MTA-NSF Workshop on Dynamical Astronomy. Texas Univ. Press., 1985.

Érdi Bálint—Váradai Ferenc: *Liapunov-Characteristic Exponents around  $L_4$  in the*

*Restricted Three-Body Problem*. Proceedings of the 2nd MTA-NSF Workshop D. A. Texas Univ. Press., 1985.

Váradi Ferenc: *Two Parameter Lie Transforms*. *Celestial Mechanics*, 1985, 36, 133—142.

Györgyey Judit: *On the Non-Linear Stability of Motions around  $L_3$  in the Elliptic Restricted Problem of Three-Bodies*. *Celestial Mech.*, 1985, 36, 281—285.

**Kisbolygó- és üstökösfizikai kutatások** (Témafelelős: Szécsényi-Nagy Gábor; kooperációban az MTA Csillagászati Kutató Intézetével és az International Halley Watch elnevezésű nemzetközi programmal.)

A Művelődési Minisztérium által kiírt kiegészítő kutatástámogatási ÁMB-pályázat elnyerése lehetővé tette, hogy a Csillagászati Tanszék és a GAO tulajdonában, illetve kezelésében levő műszerekhez olyan kisebb tartozékokat és alkatrészeket rendeljünk, illetve olyan anyagokat is beszerezzünk, amelyek lehetővé teszik az üstökösök vizuális és fotografikus megfigyelését is. Az év folyamán összegyűjtöttük a Giacobini—Zinner- és a Halley-üstökös észleléséhez és a felvételek kiértékeléséhez nélkülözhetetlen információkat, az objektumok efemeriseit, illetve kalkulált fotometriai adatait, és a pozíciójuk meghatározásához nélkülözhetetlen referenciacsillagok pontos koordinátáit tartalmazó katalógust. 1985 nyarán a témavezető számos felvételt készített a Giacobini—Zinner-üstökösről az MTA Csillagászati Kutató Intézet Piszkés-tetői Observatóriumában fölállított Schmidt-teleszkóppal, az ősz beálltával pedig hozzáfogtunk az akkorra már kellően kifényesedett Halley-üstökös fényképezéséhez a tanszék Szombathelyen felállított, 600 mm-es Cassegrain-reflektorával (Doloh Ervin, Surek György, Vámosi László és Vincze Ildikó vesznek részt a munkában). A felvételek kiértékelését megkezdjük, az eredményeket el kívánjuk majd juttatni az IHW adatközpontjába.

Az év folyamán rendezték Uppsalában a II. Kisbolygó, Üstökös és Meteor Konferenciát, amelyre a témavezető is meghívást kapott, de nem vehetett részt a tanácskozáson, mert a részvétel devizafedezetét semmilyen forrásból nem sikerült előteremteni. Így korábban elfogadott előadását sem tarthatta meg, bár annak rövidített szövege még a konferenciát megelőzően megjelent.

Egyetemi hallgatók bevonásával befejeztük a tudományos szempontból legfontosabb archív kisbolygófelvételek kimérését. Az adatokat előzetes feldolgozás után eljuttattuk a kooperációban részt vevő belgrádi obszervatóriumba, ahol azokat más forrásból származó információkkal összevetve, elvégzik majd a szükséges számításokat (Györgyey Judit és Zoran Knezević).

A témakörben megjelent publikáció:

Szécsényi-Nagy Gábor: *On the definition of the Limits of Cometary Comae*. In: *Asteroids, Comets, Meteors II*. Ed. by C.—I. Lagerkvist, P. Magnusson, H. Rickman. Uppsala Astr. Obs. Report, 34, 120, (1985).



## Külügyi kapcsolatok

Tanszékünk az Egyetem közvetlen kapcsolatai keretében öt külföldi egyetemmel működik szerződésben rögzített módon együtt; ezek a moszkvai Állami Lomonoszov Egyetem, a jénai Friedrich Schiller Egyetem, a Bécsi Tudományegyetem, a padovai egyetem és a belgrádi egyetem. A közvetlen kapcsolatok keretében a beszámolási időszakban Vincze Ildikó a Lomonoszov Egyetemen, Marik Miklós a jénai egyetemen, Pap Judit a belgrádi egyetemen és Érdi Bálint a Bécsi Tudományegyetemen tett látogatást. Belgrádból Jelena Milogradov-Turin, Jénából H.-G. Reimann látogatta meg tanszékünket. — Balázs Béla és Szécsényi-Nagy Gábor Szófiában részt vettek a „Csillagok fizikája és fejlődése” elnevezésű multilaterális akadémiai együttműködés keretében rendezett „Csillaghalmaz” szimpóziumon, Surek György ugyanezen együttműködés keretében Rigában vett részt egy szimpóziumon. Balázs Béla az MTA és NSF közötti együttműködés keretében egy hetet az USA-ban töltött. Szécsényi-Nagy Gábor részben IAU-támogatással részt vett az IAU Kongresszusán New Delhiben.

**BESZÁMOLÓ A TIT CSILLAGÁSZATI ÉS ŪRKUTATÁSI  
ORSZÁGOS VÁLASZTMÁNYA  
1985. ÉVI TEVÉKENYSÉGÉRŐL**

A TIT Országos Elnöksége az 1985. május 4-én megrendezett értelmiségi konferenciával megkezdte a kongresszusi határozatok társulati értelmezését. Társulatunk fő tevékenysége továbbra is a tudományos ismeretek terjesztése, a tudományosan megalapozott műveltség fejlesztése. Ebben a munkában minden lehetséges formának, eszköznek és módszernek helye van.

A csillagászati ismeretterjesztés a lehetőségek sokrétű kihasználását követeli meg, sőt újabbak felkutatását is szükségessé teszi. Csak így válhat a tudományos, a filozófiai és világnézeti műveltség megszerzésének szerves részévé. Annál is inkább, mert oktatási rendszerünk ez irányú hiányosságait csak öntevékeny kiegészítő kurzusok révén ellensúlyozhatjuk.

A választmány mindezen szempontokat figyelembe véve az elmúlt időszakban is arra törekedett, hogy a természetes érdeklődés kielégítésén túl segítse és pártolja a csillagászati, az űrkutatási és nem utolsósorban a világnézeti ismeretszerzés minden lehetséges formáját és módszerét. Ezt a feladatát a választmány csak a csillagászati ismeretterjesztésben elkötelezett, a mozgalmat pártoló tagság lelkes és odaadó munkájára támaszkodva láthatja el. Úgy ítéljük meg, hogy ez a támogatás, a megváltozott gazdasági körülmények mellett is, folyamatosnak tekinthető.

*A vezetőség munkájáról*

A beszámolási időszak vezetőségi ülései a választmányi munkatervnek megfelelően, 1985. február, május, szeptember és december hónapjaiban voltak. Ezek során a vezetőség

- értékelte a megyei (budapesti) szakosztályok évi beszámolóit és munkatervzeit,
- tájékoztatót hallgatott meg a nyári rendezvények előkészületi munkálatairól,
- majd a nyári rendezvények lebonyolításáról és az azokon szerzett tapasztalatokról,
- előkészítette a tavaszi és az őszi plenáris üléseket,

- megvitatta a *Csillagászati Évkönyv* szerkesztésében bekövetkezett változásokat, és végül
- megvitatta és kiegészítésekkel látta el a választmány 1986. évi munkatervére tett javaslatokat.

Az év során az egyes vezetőségi üléseken a Somogy, a Veszprém és a Vas megyei szakosztályok számoltak be munkájukról és a munkájuk során szerzett tapasztalataikról. A beszámolók és különösen az azokat követő értékelések fontos támpontokkal szolgálnak a csillagászati ismeretterjesztés és a mozgalom helyi sikereinek és nehézségeinek megítéléséhez, a további teendők kialakításához. A beszámolókon nem csupán a szakosztály elnöke és titkára, de az esetek többségében a megyei szervezet szaktitkára és gyakran a megyei titkár is részt vesz. Így közvetlen és élő kapcsolat alakul ki a választmány vezetősége és a megyei szervezetek vezetői között. Ezt a tendenciát tovább erősíti és fokozza, hogy a decemberi vezetőségi ülést a Vas megyei szakosztály és szervezet, illetve az ELTE TTK Gothard Asztrofizikai Observatórium vezetőinek és munkatársainak meghívására Szombathelyen rendeztük meg. Ezt a gyakorlatot a jövőben is folytatni kell, mert a kihelyezett vezetőségi ülések során közvetlen helyszíni tapasztalatokból is meríthet a vezetőség a helyi viszonyok, gondok és sikerek megítéléséhez hasznos adatokat. Ebből következően lehetőség nyílik közvetlen segítségnyújtásra is.

A beszámolási időszak plenáris üléseit idén is követték a már hagyományos előadói-továbbképző konferenciák. Az 1985. május 11-én rendezett tavaszi plenáris ülés előadói konferenciáját „Jön a Halley-üstökös” címmel rendeztük meg. Ennek során Tóth Imre, dr. Szécsényi-Nagy Gábor és dr. Horváth András ismertették a jelen visszatéréshez kapcsolódó földi és űrbeli megfigyelési programokat, és vázolták azok várható eredményeit.

Az 1985. december 13-i őszi plenáris ülés előadói konferenciáján „A modern kozmológia és ismeretterjesztési problémái” összefoglaló cím alatt a legújabb kozmológiai elméletek ismeretterjesztési, főként világnézeti vonatkozásaival foglalkoztak a meghívott előadók: dr. Balázs Béla, dr. Abonyi Iván és dr. Lukács Béla. Az utóbbi időkben fokozódott a kozmológia iránti érdeklődés. Nagyon fontos, hogy az e témakörben elhangzó előadások — melyeknek nem kis részét éppen a választmány tagsága tartja — ne csak szakmailag, hanem filozófiai szempontból is korrektek legyenek.

### *Látogatások, személyi kérdések, kapcsolatok*

A vezetőség tagjai a beszámolási időszakban is folytatták az egyes szakosztályoknál tett látogatásaikat. Ezekre részben a különböző szakosztályi rendezvényeken való részvétel, részben aktuális kérdések közvetlen megvitatása formájában került sor.

A választmány elnöke és titkára július 8-án megbeszélést folytatott a

zánkai Úttörőváros vezetőivel egy, a város területén építendő csillagászati létesítmény ügyében. A tervek szerint az első szakaszban bemutató csillagvizsgáló, a másodikban kisplanetárium épül a táborozó, illetve különböző tanfolyamokon részt vevő gyerekek számára. Jelenleg már a tervezési munkálatok folynak. A választmány vezetősége örömmel támogatja az elképzelést, mert a Zánkán megforduló több tízezer hazai és külföldi gyerek csillagászati ismereteinek megalapozása és bővítése rendkívül hasznos és szükséges is.

A vezetőség tagjai az év során számos ismeretterjesztő előadást tartottak az ország különböző városaiban és településeiben. Ezek során alkalom nyílt a helyi szakosztályi tagsággal való személyes kapcsolatfelvételre, a helyi gondok és problémák, illetve sikerek közös értékelésére. A vezetőség tagjai közül többen rendszeresen részt vettek a TIT Országos Elnöksége ülésein, és közvetlen részvételükkel segítették a Planetárium-tanács tevékenységét is.

A választmány titkára részt vett a Csongrád megyei (február 20.) és a Pest megyei (március 27.) szervezetek, illetve a TIT Központ Természettudományi Titkársága által szervezett közös természettudományi szaktitkári értekezleten.

A vezetőség a *Meteor* szerkesztőbizottsági ülésein és a CSBK vezetőségi ülésein is képviseltette magát több taggal. A nyári rendezvényeken, azok sikerét közvetlen közreműködésével is támogatva, több vezetőségi tag is részt vett.

A választmány levelező tanfolyamának központi és kihelyezett vizsgáit Ponori-Thewrewk Aurél, Zombori Ottó és dr. Both Előd vezették. Alapfokon tizenketten, haladón öten tettek vizsgát.

### *Rendezvények*

Az 1985-ös év választmányi és CSBK nagyrendezvényét augusztus 21. és 24. között Tatabányán tartottuk. A VII. országos csillagászati szakköri vetélkedő és szakkörvezetői tanácskozás többfordulós vetélkedőjében két kategóriában versenyeztek a csapatok: az úttörő korosztályban nyolc, az ifjúságban pedig tizennyolc szakkör képviselői mérték össze tudásukat. Az elméleti fordulóban a feladatok megoldásán kívül a csillagászat számos fontos területének elméleti kérdései is szóba kerültek. Akik az elérhető pontszám felét megszerezték, már jó eséllyel indulhattak a dobogós helyezésért is. Volt megfigyelési forduló is, itt a résztvevők a Jupiterről készítették rajzokat, meghatározták egy kettőscsillag komponenseinek szögtávolságát és pozíciószögét.

#### *Eredmények:*

Úttörő kategória: 1. székesfehérvári csillagászati szakkör (szakkörvezető: Nagy Rezső), 2. Budapesti Uránia szakkör (szakkörvezető: Szalma Sándor), 3. Budapesti Uránia szakkör (szakkörvezető: Zombori Judit).

Ifjúsági kategória: 1. Mátra Művelődési Központ, Gyöngyös (szakkörvezető: Juhászné Czigány Marianna), 2. győri csillagászati szakkör (szakkörvezető: Dévai Antal), 3. tatai csillagászati szakkör (szakkörvezető: Dinga László).

Külön értékelték az egyes szakkörök tagjainak *egyéni teljesítményét*: Első lett Kégli Zoltán (Székesfehérvár), a második Miklós György (Budapest). Hárman kerültek a harmadik helyre: Ágai Szabolcs, Engel Péter (Budapest) és Szabó Dávid (Székesfehérvár).

Az ifjúsági kategória egyéni helyezettjei: Alföldi Attila (Debrecen), Horváth András (Győr), Gombos Attila Csaba (Debrecen).

Az úttörő kategóriában a legjobb észlelő és a legjobb ismeretterjesztő szakkör különdíját a székesfehérvári szakkör, az ifjúsági kategóriában pedig az Alcyone szakkör (Baja) kapta, mely utóbbi bizonyult a legjobb észlelőnek. A legjobb ismeretterjesztő címet a szombathelyi csillagászati szakkör kapta (szakkörvezető: Vértes Ernő).

A teljes létszámmal, azaz négy fővel benevezett csapatok részére külön döntőt rendeztek. Az úttörő kategóriában a székesfehérvári, a bajai, valamint a budapesti Uránia szakkör, az ifjúsági kategóriában a győri szakkör, a budapesti Uránia szakkör, a bajai Alcyone és a debreceni Magnitúdó szakkör szerzett helyezést.

A verseny előkészítéséért, lebonyolításáért, a feladatok összeállításáért és értékeléséért köszönet illeti Hudoba György tagtársunkat és szakkörének tagjait. A vetélkedővel egy időben a szakkörvezetők megvitatták a szakköri mozgalom helyzetét és továbbfejlődésének lehetőségeit. A tanácskozáson sor került a szakkörvezetők minősítések átadására.

Tíz évvel ezelőtt, 1975. november 30-án avatták fel a Mecseki Természet-tudományi Stúdiót és Planetáriumot. Az évfordulót — a TIT Pécs városi szervezete és Planetárium-tanácsa, a választmány, valamint a budapesti Planetárium által közösen rendezett — II. Pécsi Nemzetközi Kisplanetáriumi Tanácskozással ünnepeltük meg augusztus 25. és 30. között. A tanácskozást augusztus 26-án délelőtt 10 órakor dr. Vasváry Artúr, a Társulat főtítkárhelyettese nyitotta meg. A bevezető előadást Ponori-Thewrewk Aurél ny. igazgató, a budapesti Planetárium-tanács elnöke tartotta; elsősorban a planetárium és a nagyközönség kapcsolatával foglalkozott. Ugyanerről beszélt részletesebben dr. Horváth András, a budapesti Planetárium igazgatója. A további előadások témái (és előadói): Irodalom és képzőművészet a planetáriumban (Korga György festőművész és Zombori Ottó), A planetárium és az iskolai oktatás (Csaba György tanár), A pécsi kisplanetárium első tíz éve (Kemenes Lászlóné népművelő), A planetáriumi kultúra előzményei és fejlődése Magyarországon (ifj. Bartha Lajos könyvtáros), Közönségszervezés, közönségfogadás és a közönséggel való személyes kapcsolat (Danóczy Klára szervező), A kisplanetáriumok technikája (Sajó Péter műszaki vezető). Az előadásokat a hazai és külföldi résztvevők korreferátu-

mai egészítették ki. Nagyvárady László, a pécsi és Újvárosy Antal, a kecskemeti planetárium vezetője a korreferátumokon túl műsorbemutatókkal gazdagították a különben is színes programot. A tanácskozáson a hazai planetáriumok munkatársain és a meghívott vendéglőadókon túl mintegy 15 külföldi vendég is részt vett, főként a szovjet, a bolgár, a cseh, a román és az NDK-beli kisplanetáriumok képviselői. A jénai Zeiss Műveket és a jénai Zeiss Planetáriumot G. Rose úr képviselte, aki előadásában részletesen ismertette a ZKP—2 típusú kisplanetárium-műszert és a Zeiss Művek legújabb amatőrtávcső-ajánlatait.

A tanácskozás utolsó napját a budapesti Planetáriumban töltötték a vendégek, ahol megismerkedhettek a műszaki csoport által készített legújabb kiegészítő berendezésekkel, az ugyancsak házi készítésű panorámaképekkel és hangosítási rendszerrel. A műszaki bemutatót rövid műsorbemutató követte.

### *Kiadványok*

A *Csillagászati Értesítő* kétszer 3 ív terjedelemben és 1000 példányban jelent meg 1985-ben. A *Meteor* és mellékletei 14 × 800 példányban, példányonként 2,5 ív terjedelemben kerültek a megrendelőkhoz. A választmány anyagi helyzete egyre inkább megköveteli, hogy az előadói segédanyagként megjelenő és térítésmentes *Értesítő*n kívül valamennyi tervezett kiadványunkat térítéses kiadványként jelentessük meg a jövőben. Az így befolyt összegből az eddigieknél jobban támogathatjuk választmányi rendezvényeinket.

### *Kiküldetések, kitüntetések*

Schalk Gyula választmányi titkár és Schlosser Tamás, a *Föld és Ég* rovat-szerkesztője 1985. augusztus 29. és szeptember 4. között TIT-kiküldetésben látogatást tettek a *Finn Ursa Club* egyes tagozatainál Lahtiban, Tamperében, Turkuban és Helsinkiben. Tamperében részt vettek az Ursa klubok évi találkozásán, ahol (és Helsinkiben is) előadást tartottak a hazai baráti kör mozgalomról és a magyar amatőrcsillagászati tevékenységről.

Dr. Kulin György 1985 januárjában töltötte be 80. életévét. Ebből az alkalomból január 22-én dr. Ádám György akadémikus, a Társulat elnöke átadta az Országos Elnökség Elismerő Díszoklevelét Kulin Györgynek.

Dr. Balázs Béla, a választmány társelnöke ebben az évben töltötte be a TIT-tagsága 25., Kallós Károly, a Győr-Sopron megyei szakosztály elnöke pedig 30. esztendejét. Mindketten TIT Aranykoszorús Jelvény kitüntetésben részesültek.

Kemenes Lászlóné tagtársunk — aki több mint öt éven át vezette a pécsi kisplanetáriumot, az annak fennállása tízéves jubileuma alkalmából rende-

zett nemzetközi planetáriumkonferencián — a TIT Országos Elnökség Elismerő Oklevele kitüntetését kapta.

A TIT Nógrád megyei Szervezete Csillagászati Szakköre a béke érdekében kifejtett eredményes munkájáért — a határmenti nemzetközi és szakmai-mozgalmi kapcsolatok ápolásáért — az Országos Béketanács Elnökségétől, a Békemozgalom Emlékplakettjét kapta. Valamennyi kitüntetett tagtársunknak szívből gratulálunk.

BESZÁMOLÓ A TIT BUDAPESTI  
PLANETÁRIUM ÉS URÁNIA CSILLAGVIZSGÁLÓ 1985. ÉVI  
TEVÉKENYSÉGÉRŐL

A Planetárium-Uránia 1985. évi tartalmi és pénzügyi munkáját pozitívan teljesítette, annak ellenére, hogy még 1985-ben sem kaptuk meg az 1982-es költségvetés állami támogatás szintjét. Kiemelendő viszont, hogy mintegy 5 millió forintos központi beruházásból került teljes felújításra az Uránia főépülete 1984—1985-ben. A működési kiadás növekedései intenzívebb termékadásból (távcsövek, kiadványok), valamint új bevételi és tevékenységi formákból (irodabérlet, kötbér, Zizi-előadás, kiállítás stb.) származó többlettel sikerült ellensúlyozni.

1985 szeptemberében az Uránia Csillagvizsgáló a megújult főépületben folytathatta ismeretterjesztő tevékenységét, miközben megkezdődött az új műhelyépület építése.

## PLANETÁRIUM

### *Planetáriumi műsorok*

1985-ben új csillagászati műsorunkat Zombori Judit készítette *Jön az üstökös* címmel. A program egy, a Halley-üstököshöz repülő űrhajón játszódó keretjátékkal adja ennek a nevezetes, látványos égi jelenségnek több évezredes történetét, és megismertet a Halley-üstököst meglátogató űrszondák kutatási tervével is.

Az év során felújítottuk az *Irány a Mars* című gyermekműsor hangfelvételét, és *Az UFO-k titka* című műsorba beépítettük Korga György szovjet UFO-észlelések alapján készült grafikáit.

Az előbbi új, illetve a felújítottakon kívül még 11 korábbi műsor szerepelt programunkban, 1985-ben tehát a három iskolaival együtt összesen 17 különböző csillagászati műsort adtunk.

1985-ben a Zizi Labor együttessel új kísérletbe kezdtünk. Janicsák István *A Zizi bolygó titka* című új, zenés, sci-fi gyerekzindarabját mutattuk be, amelyet októbertől decemberig összesen 20 alkalommal — főleg hétfői



napokon — telt házzal játszottunk. A 6—12 éves gyerekeknek szánt izgalmas mesejátékban a földi bázis felderítője különleges figurákkal találkozva próbálja megfejteni a bolygó rejtélyét.

### *A Planetárium egyéb programjai*

A budapesti Csillagászati és Űrkutatási Szakosztály 1985. október—novemberben szombat—vasárnaponként a Planetáriumban tartotta *Égre nyíló ablakok* címmel a központi csillagászati hetek hat előadását.

*A Föld a világűrből* című állandó fotókiállításunkat, a *Vega-program* című kamarakiállítást, valamint az állandó űrhajózási modell- és makettkiállítást valamennyi látogatónk, mintegy 200 ezer fő tekintette meg. *Az űrrepülőgép* című fotó- és makettkiállítás anyagát a budapesti Uránia Csillagvizsgálóban, Nyíregyházán, Szolnokon, Tatabányán és Kiskunhalason összesen mintegy 10 ezren látogatták meg. További űrhajózási kiállítási anyagokat kölcsönöztünk budapesti, nyíregyházi, szolnoki művelődési házaknak. A Szovjetunió Tudományos Akadémiájától kapott valódi méretű Szputnyik—1-modellt átadtuk a Közlekedési Múzeum állandó Repüléstörténeti Kiállításának anyagához.

Nagy Zsuzsa *Makro- és mikrokozmosz* című képkiallítását februárban bezártuk, kilenc hónap alatt a képeket több mint 150 ezren tekinthették meg. Merczel Péter fiatal grafikus *Vízöntő és társai* című csillagképgrafikájának március—áprilisban mintegy 40 ezer látogatója volt. Az idősebb generációt képviselő Roisz Vilmos festő *Kozmikus variációk* című képanyagát májustól októberig mintegy 70 ezren tekintették meg a Planetárium körfolyosóján, ahonnan az Uránia Csillagvizsgáló előadótermébe került át. Október 15. és november 18. között a budapesti Európai Kulturális Fórum tiszteletére a Magyar Képző- és Iparművészek Szövetségének Festő Szakosztálya 77 képből álló *Kortárs Magyar Festészeti Kiállítást* rendezett a Planetárium körfolyosóján, amelyet 25 ezer nézőnk között több külföldi vendég is meglátogatott.

A Planetárium helyiségeit a József Attila Szabadegyetem és a Tanítók Nyári Akadémiája használta terembérlőként. A BME Multimédia Stúdió Lézerszínháza a kupolateremben 214 előadást tartott 33 588 nézőnek (ez 42%-os teremkihasználtságot, azaz előadásonként átlag 157 nézőt jelent).

### *A Planetárium látogatottsága*

1985-ben 958 csillagászati előadást tartottunk 158 444 nézőnek, ez 45%-os teremkihasználtságot, azaz előadásonként 165 nézőt jelent. Ezt a Lézerszínházzal összehasonlítva látható, hogy a csillagászati előadások 1985-ben is látogatottabbak voltak, mint a lézerek. A nagyközönségi és iskolai műso-

rokon kívül 18 speciális előadást tartottunk 762 főiskolai és egyetemi hallgatónak, valamint 14 idegen nyelvű programunk volt 653 külföldinek.

Mivel *A Zizi bolygó titka* című mesejátékot 20 alkalommal 6380 gyerek látta (94%-os a látogatottság, átlag 319 fővel előadásonként), ezért a Planetárium 1985-ös összesített teljesítménye 1010 előadás 166 239 nézővel. Ez az eredmény 3586 fővel több látogatót jelent, mint 1984-ben.

### *Planetáriumi szervezés és propaganda*

1985—1986-os műsorfüzetünket 10-10 ezer példányban küldtük szét az országban szeptemberben és 1986 januárjában. Negyedéves műsorfüzetünk háromszor jelent meg 12-12 ezer példányban.

Erősen csökkentett propagandaköltségünk 1985-ben is csak közvetett tv-reklámot tett lehetővé (TV-híradó, Esti Krónika). A Ministúdió gyermekműsorainkról, a Stúdió '85 a planetáriumi *Kortárs Magyar Festészeti Kiállítás*ról számolt be, míg a Perpetuum Mobile ugyancsak több adásában tájékoztatott a Planetárium és az Uránia programjáról.

### *A Planetárium műszaki fejlesztése*

1985-ben az egyhónapos nyári szünetben (július 15.—augusztus 17.) került sor a Planetárium műszereinek és segédberendezéseinek éves karbantartására. Legfontosabbnak elkészült a Zoom-vetítő tükörmozgató berendezése. Ismételten feljavítottuk a kupolába beépített hangszórókat, de a hangosítási rendszer annyira elhasználódott, hogy 1987-ben fel kell újítani.

1985-ben az igen szerény műszaki fejlesztés keretében beszereztünk egy négy-sávú Akai magnetofont és egy programozható Kodak áttűnőegységet.

A kupolaterem oldalfalánál mintegy 50 további férőhelyet biztosító padot építettünk be, így — szükség esetén — 420 fő is elhelyezhető egy-egy előadáson. (Erre április—május hónapokban — amikor a legtöbben látogatják a Planetáriumot — van szükség.)

### *Planetáriumi kiadványok*

1985-ben megjelentettük Sajó P.—Zombori J.: *Az űrkutatás negyedszázada*, és újra kiadtuk Csaba Gy.: *Hazánk csillagos égboltja* című művét.

Az *Uránia-füzetek* sorozatban kéthónapos rekordidő alatt jelent meg a *Halley-üstökös* című anyag.

## *A Planetárium hazai és nemzetközi kapcsolatai*

Több előadással vettünk részt a II. Pécsi Nemzetközi Kisplanetárium Konferencián, melynek vendégei meglátogatták Budapesten a Planetárium—Urániát is.

Vendégünk volt P. Szojka a Prágai Csillagvizsgáló és Planetárium osztályvezetője, V. Kurt a Moszkvai Planetáriumi Tanács elnöke.

Ny. K. Golovko, a szovjet Znárnyije elnökhelyettese és a varsói testvér-szervezet elnöke és titkára, valamint a presovi planetárium munkatársai.

Horváth András a szmoljani planetárium vendégeként részt vett a bulgáriai csillagász-ismeretterjesztők szeptember 2—7. között Szmoljanban rendezett konferenciáján.

## *A Planetárium személyi ügyei*

Távozott a Planetáriumtól Taracsák Gábor, Csaba György és Danóczy Klára. Szakelőadói kinevezést kapott Mátis András és Szalma Sándor, Vörös Zsigmondot pedig szervezőnek vettük fel.

## **Uránia Csillagvizsgáló**

### *Közönségfogadás, előadások*

Az Uránia tavaszi előadás-sorozatait a felújítás miatt még a Planetárium szakköri helyiségében tartottuk meg.

Az 1985. évi tavaszi csütörtöki sorozat előadói és előadásai: dr. Fejes István: *Újabb eredmények a kvazárok kutatásában*; dr. Gazda István: *Magyar írók és a csillagászat*; dr. Lukács Béla: *A protonok születése — a modern kozmológia problémái*; dr. Horváth András: *Úton a Vegák — üstököskutatás úrszondákkal*; Zombori Ottó: *Égbolt és kultúra*; Nuspl János: *Egy képzelt téridőbeli utazás. II.*; Both Előd: *Ókori csillagászat*; dr. Szabados László: *Kettőscsillagok*; Szalma Sándor: *Miért fázott az őseMBER? — a jégkorszakok okairól*.

Nagy sikerrel bonyolítottuk le a hétfői sorozat előadásait, melynek során 13 alkalommal a Kozmosz c. tv-sorozat egy-egy részét mutattuk be képmag-nó segítségével, melyet beszélgetés és vita követett a témák szakértőivel.

Az Uránia felújítását követő visszaköltözés után, 1985. szeptember közepétől ismét beindultak a távcsöves bemutatások, és nagy érdeklődés mellett bonyolítottuk le az űrrepülőgépet bemutató kiállításunkat is 1985 szeptem-berében.

Az őszi hétfői sorozat előadói és előadásai: dr. Gazda István: *Világképal-kotás távcső nélkül*; dr. Guman István: *Az asztrológia születése*; Zombori

Ottó: *Világnézet távcsövön keresztül*; dr. Kelemen János: *Az üstököskutatás világnézeti jelentősége*; Hudoba György: *Kozmológia: alkalmazott relativitáselmélet*; Both Előd: *A relativitáselmélet csillagászati igazolása*; Szalma Sándor: *A hiányzó tömeg problémája*; Dávid Gyula: *Túl az eseményhorizonton*; Tihanyi László: *Kozmológia: mit gondolunk ma?*; Abonyi Iván: *Modern csillagászati világképünk*.

Az előző évek kedvező tapasztalatai alapján 1985 őszén a Kovács Ádám vezetésével működő kutatócsoport munkatársai *Anyagi rendszerek eredete és fejlődése* címmel interdiszciplináris előadásokat tartottak. Ezeket több órán át tartó, igen élénk vita követte, melyeket dr. Abonyi Iván fizikus és dr. Tóth Géza biológus vezetett.

Új ismeretterjesztési forma az 1985 őszén 3 alkalommal (október 25—26., november 15—16. és december 6—7.) meghirdetett „éjszakai csillagászati klub”. Ezekon este 22 órától hajnali 5 óráig a látogatók igen változatos programokon — dia- és filmvetítéseken, számítógépes gyakorlatokon, távcsöves megfigyeléseken, csillagászati videoprogramokon — vehettek részt. A várakozásunkat messze meghaladó érdeklődés (éjszakánként mintegy 150 fő) jelezte, hogy ezt az új formát a nagyközönség örömmel fogadta és máris megkedvelte.

A beszámolási időszakban az Uránia 247 rendezvényén (előadásokon, szakköri rendezvényeken és távcsöves bemutatókon) 8500 fő vett részt, a Citadellán felállított panorámatávcsöveinél pedig 21 600 fő fordult meg.

#### *Az Uránia szakmai-módszertani irányító munkája (CSBK, szakkörök)*

Az Uránia által irányított országos mozgalomnak a *Csillagászat Baráti Körének* taglétszáma 1985 végére elérte a 8 300 főt. A *CSBK pártoló tagjai* (420 fő) anyagi támogatásukért illetményalapként kapják a *Meteor* c. folyóiratot és mellékleteit.

Az Uránia az 1985/86-os évadban 6 különböző korosztályú *csillagászati szakköri* működtetett 80 fővel. Az országban tevékenykedő szakkörök munkájának felmérő fórumát a *VII. országos csillagászati szakköri vetélkedőt és szakkörvezetői tanácskozást* az Uránia, a TIT Komárom megyei és Tatabányai Szervezete aug. 21—24. között Tatabányán rendezte meg. Itt osztották ki az A, B, C kategóriájú szakkörvezetői tanúsítványokat is. A nyilvántartásunkban szereplő 120 szakkörnek módszertani anyagaként dr. Kelemen: „Csillagászati gyakorlatok” és dr. Kulin Gy.: „Távcsövek házi készítése” c. könyvét küldték el.

#### *Az Uránia kiadványai*

A *Meteor* című, havonta megjelenő lapban és mellékleteiben (Mély ég útmutató, PVH-katalógus, Halley-keresőtérképek, Változócsillag Atlasz

VII—VIII., PVH Report 10—11—12., IHW kézikönyv és ZHR Bulletin) az év folyamán rendszeresen tájékoztattuk tagságunkat az aktuális csillagászati-űrkutatóeseményekről, az amatőrmegfigyelők munkájáról, észlelési tevékenységéről és eredményeiről.

#### *Az Uránia műhelyeinek tevékenysége*

A beszámolási időszakban a műhely átmeneti helyén, a TIT Központ egyik helyiségében tevékenykedett és végezte az érdeklődők, illetve amatőrmegfigyelők igény szerinti ellátását távcsövekkel és távcsőalkatrészekkel.

1985-ben 305 db kész távcső, 37 készlet távcső összeállításához szükséges optikai egységcsomag, 50 db kész távcsőtükör (50, 100, 125, 150 és 200 mm átmérőjű), 14 előcsiszolt korongpár, valamint 130 db okulár készült el és került értékesítésre.

A főépület tatarozásával párhuzamosan a műhely dolgozói megjavították az Uránia főműszerét, a Heyde-refraktort és a citadellai panorámatávcsöveket.

#### *Az Uránia hazai és nemzetközi kapcsolatai*

Az 1985-ös évben kapcsolataink az előző évek során kialakított mederben folytak, a hasonló feladatokat ellátó külföldi intézetekkel elsősorban kiadványserét folytattunk.

Változatlanul legintenzívebb a munkakapcsolatunk a szlovák amatőrcsillagászokkal. A hurbanovói (Ógyalla) központ rendezésében 1985. július 1—7. között Krasznahorkán megtartott amatőrcsillagászati találkozóra 4 főt küldtünk: Both Elődöt, Iskum Józsefet, Ujvárosy Antalt és Zombori Ottót. Viszonzásképpen 6 főt hívtunk meg Szlovákiából a VII. csillagászati szakkörvezetői tanácskozásra.

#### *Az Uránia egyéb tevékenysége*

A felújítás során kialakított új irodahelyiségek korszerű berendezést kaptak. A műszaki fejlesztés során beszereztünk egy kiváló képminőséget biztosító Siemens televíziót a videóval illusztrált előadás-sorozatokhoz, valamint egy 1526 típusjelzésű nyomtató egységet a Commodore—64 számítógéphez.

Az előző évek során az Urániától eltulajdonított távcsőoptikák és alkatrészek (például a 20 cm-es Heyde-lencse) a rendőrség segítségével 1985-ben megkerültek, és szeptemberben az Uránia képviselői ezeket átvehették.

## *Az Uránia személyi ügyei*

1985. októbertől Sebők György csillagász az Uránia munkatársa. Az esti-éjszakai távcsöves bemutatások során legaktívabb társadalmi munkatársak Bán András, Bata László, Fazekas Attila, Farkas Ernő, Holl András, Jáhl Attila, Kalmár Tamás, Kovács István, Molnár Tamás, Spányi Péter, Steiner András és Tarnay Kálmán voltak.

Journal of the ...

# III. CIKKEK

...

...

...





## A CSILLAGÁSZAT LEGÚJABB EREDMÉNYEIBŐL

### Ultra fémszegény vörös óriás: a CD - 38° 245 és a III. populáció

Régóta vadásznak az asztrofizikusok olyan objektumokra, amelyeknek szinképe megmutathatná az Ősrobbanás után keletkezett anyag összetételét, azaz bennük a hidrogén/hélium, hidrogén/deutérium arány még az Ősrobbanáskor állt be, és berilliumnál nehezebb elem nincs. El is nevezték III. populációnak az egyelőre hipotetikus csillagokat, amelyek ebből az anyagból keletkeztek, és légkörük kémiai összetétele nem változott volna semmit a Tejútrendszer  $10^{10}$  év nagyságrendjébe eső életkora alatt. Mindaddig azonban a kutatások nem vezettek eredményre, sem csillagot, sem gázfelhőt nem sikerült találni, amely a III. populációhoz tartozna.

A címben jelzett csillagra M. S. Bessell és J. Norris amerikai csillagászok hívták fel a figyelmet. Kinematikailag az extrém II. populációhoz, tehát a Tejútrendszer legősibb objektumai közé tartozik. Légkörében a hidrogén/hélium arányt nem ismerjük, a héliumnál nehezebb elemek aránya a hidrogénhez képest harmincezerszer kisebb a Nap légkörében megfigyelt arányhoz képest. Ez ugyan igen jelentős anomália a kémiai összetételben, de mégsem az, amit keresünk. Az évek óta folytatott kutatások a III. populáció után tehát csak efféle különleges összetételű csillaglégkörök felfedezésére vezettek. Igaz ugyan, érdekes ez is, az elméleti magyarázat nem lesz könnyű dolog, de az eredeti kérdés teljesen nyitva marad: sikerül-e az Ősrobbanás során keletkezett ősi gáznak valami megfigyelhető nyomára bukkanni. Mindenesetre egyre kevesebben hisznek abban, hogy ez a gáz (ha volt) nagyon öreg, lassan fejlődő csillagok légkörében őrződött meg, mert a fehér törpéket leszámítva valamennyi csillag légkörében a kémiai elemeknek olyasféle keverékét lehet megfigyelni, amelyet a Napban látunk, a fehér törpék légkörének anomális összetétele pedig diffúzióval jól magyarázható. Ezért egyre inkább abban hisznek az asztrofizikusok, hogy talán intergalaktikus gázfelhőkben őrződhetett csak meg az Ősrobbanás utáni kémiai összetétel, a ma megfigyelt csillagok pedig már olyan anyagból lettek, ami egyszer már volt csillagok közepében, tehát termonukleáris égésen már átment. Úgy tűnik, hogy az Ősrobbanás és a galaxisok kialakulása után a hipotetikus, rövid életű III. populáció idejében volt a héliumnál nehezebb elemeknek egy

kezdeti feldúsulása, s csak ezután indult meg az az intenzív csillagképződés, amelynek lassan öregedő, kis tömegű tagjait még ma is látjuk a Tejútrendszerünk II. populációjában.

E hipotetikus kezdeti feldúsulás részletei egyelőre teljesen ismeretlenek. Gondolhatunk például arra, hogy a galaxisok életének első  $10^9$  évében valami ismeretlen okból nagy számban keletkeztek igen nehéz csillagok — ez a III. populáció —, amelyek aztán gyorsan kiégtek, felrobbantak, s így létrehozták azt a gázt, amiből a II. populáció alakult ki először, s a folyamat az I. populáció kialakulásával folyik egészen napjainkig. Ha ez így igaz, bizonyos, hogy az igen távoli galaxisok fényességében, színeiben az űrtávcsővel látható lesz majd ez a fényesebb szakasz, azaz a galaxisok fejlődése, amit már régóta szeretnének sokan megfigyelni. Ha ez sikerül, akkor azt mondhatjuk, hogy a CD  $-38^\circ 245$  közvetlenül a kezdeti feldúsulás, a III. populáció eltűnése után keletkezett, és egyedül az a kérdés marad nyitva, hogy miért nem fedezünk fel olyan csillagokat, amelyeknek légköre kirajzolja e kezdeti feldúsulás részleteit: azaz először semmi héliumnál nehezebb elem nem látszik, majd fokozatosan megjelennek ezek az elemek. Ha viszont az űrtávcső sem mutat ki az igen távoli galaxisok fejlődésére utaló jeleket — nagyobb fényességet, szupernóvák nagy gyakoriságát, amiből kifolyólag eltűnik a III. populáció —, akkor problémánk még nehezebb lesz: hol van a III. populáció? Ha pedig nem is volt, mi szórta tele a világot héliumnál nehezebb elemekkel, amelyek a mai modelljeink szerint tudvaleg az Ősrobbanásban nem keletkezhetek.

### **A báriumszillagok közül eddig négyről már kiderült, hogy kettős, és a kísérő szillag fehér törpe**

Az anomálian erős fémvonalú, azaz különleges légköri elemgyakoriságokkal bíró szillagok osztályába tartoznak a báriumszillagok is. Általában hidegebbek, mint az  $A_p$ ,  $A_m$  szillagok, színképtípusuk inkább G, K. Az utóbbi években a  $\zeta$  Cap,  $\zeta$  Cyg, 56 Peg és a  $\xi^1$  Ceti báriumszillagról derült ki, hogy az is közös sajátosságuk, hogy kettősök, és a rendszer másik tagja fehér törpe. Mindezt az IUE műhold spektrográfjával lehetett megállapítani, mert ultratöbolyában a báriumszillag már egészen halvány, míg itt a fehér törpe még elég fényes.

Ezek után fölmerül a gyanú, hogy talán az összes báriumszillag kettős, mert az eddig alaposabban megvizsgált négy báriumszillagnál megtalálták a kísérő fehér törpét, sőt az utolsó esetben, a  $\xi^1$  Cetinél már e gyanú alapján fogtak hozzá az észleléshez, ami pozitív eredményre vezetett. Ha általánosan bizonyul a törvényszerűség, felül kell vizsgálnunk elképzeléseinket a különleges elemgyakoriságokról, mert a jelenlegi elméleti modellek, amelyek

légköri diffúzióra vagy mágneses foltokra épülnek, egyáltalán nem veszik figyelembe a kettősséget, amiről úgy tűnik, hogy szintén fontos sajátossága e csillagoknak. Egy kísérő csillag árapálykeltő ereje ugyanis nem engedi érvényesülni azokat az előbb említett igen lassú szétválási folyamatokat, amelyeknek működniük kellene egy ilyen csillagban, hogy a különleges elemgyakoriságok létrejöhessenek.

### Újdonságok a fehér törpékről

Jóllehet az asztrofizikusok ma is vitatkoznak a fehér törpévé válás részleteiről a csillagfejlődés során, abban mindenki egyetért, hogy múltjuktól függetlenül a fehér törpék tanulmányozása izgalmas téma. Emellett a fehér törpék vizsgálata nem is könnyű, a megfigyelések oldaláról azért, mert halványak, elméleti oldalról pedig azért, mert több olyan jelenség játszik bennük döntő szerepet, amelyek sehol másutt nem lépnek föl a természetben. Mindezen nehézségek ellenére az utóbbi időben is történtek jelentős előrelépések a vizsgálatukban, s most ezek közül ismertetünk néhányat.

*A fehér törpék tömege meglehetősen szűk korlátok között van.* A fehér törpék légkörének modellezésével megállapítható a felszíni nehézségi gyorsulásuk ( $g$ ), és az effektív hőmérsékletük ( $T_e$ ). Ehhez a modellekből számított spektrumot kell összehasonlítani a megfigyelt spektrummal, amikor a kettő a legjobban egyezik, a modell  $T_e$ -jét és  $g$ -jét elfogadjuk a csillagra. A modell alapján kiszámítjuk a fehér törpe felületi fényességét, sugara ismeretében pedig az abszolút fényességét. A látszó fényességét megmérve pedig kapjuk a távolságát. Ezen eljárás megbízhatóságát ellenőrizhetjük néhány olyan esetben, amikor független távolságadatunk van, például trigonometriai parallaxisból. A felszíni nehézségi gyorsulásból pedig a sugár birtokában megkapjuk a fehér törpe tömegét.

D. Koester (Kiel), J. B. Oke (Palomar) és V. Weidemann (Kiel) munkája nyomán az jött ki, hogy az általuk vizsgált 30 DB és 17 DC fehér törpe átlagos tömege egyaránt a 0,55 naptömeg körül van. Pár éve több száz DA fehér törpének az imént vázolt módon meghatározott tömegére a  $0,55 \pm 0,1$  naptömeg jött ki. Tehát a DA, DB, DC fehér törpék valószínűleg azonos osztályt alkotnak a csillagfejlődés szempontjából, hiszen tömegük körülbelül azonos. Eszerint a fehér törpévé válás apró részletein múlik csak az, hogy melyik lesz DA, DB, DC, azaz olyan fehér törpe, amelynek szinképében csak hidrogén, hélium, illetőleg szén vonalai láthatók. Érdekes még azt is megjegyezni, hogy a három ismert kettős rendszer fehér törpe tagjainak (Sirius B, Procyon B, 40 Eri B) a tömege eltér az előbb említett értéktől. Nyitott kérdés, hogy esetleg valami tömegátáramlás okozná ezt a különbséget?

D. Koester és D. Reimers (Hamburg) az utóbbi években az ESO 3,6 m-es

távcsövével fehér törpéket talált olyan nyílthalmazokban (NGC 2451, IC 2391), amelyekben az elfordulási pont 5,5 naptömeg körül van. Eszerint fehér törpévé olyan csillagok válnak, amelyeknek az indulási tömege akár tízszerese a végtermék tömegének. Ha szupernóva-robbanásban is keletkez-  
nének fehér törpék, amint azt sokan hiszik, teljesen megválaszolatlan ma az a kérdés, hogy mi szabályozza oly pontosan a nagyon is különböző tömegű csillagok detonációját, hogy a hamu tömege 20%-on belül azonos lesz.

*A fehér törpék légköre nemcsak fölöttébb stabil, hanem igen tiszta is.* Ha laboratóriumi feladatként azt kapnánk, hogy állítsunk elő kb. 10 000 vagy 30 000 K hőmérsékletű olyan tiszta hidrogén- vagy héliumplazmát, ami más elemet legföljebb  $10^{-7}$  koncentrációban tartalmaz, igen nehéznek találnánk a feladatot. Fehér törpék légkörében azonban az ilyen nagy tisztaságú anyag egyáltalán nem ritkaság, noha elméleti modelljeink szerint a csillag belsejében szinte kizárólag szén, oxigén, magnézium és vas van.

Régóta ismert, hogy a DA fehér törpék légkörének héliumtartalmára csak felső korlátot tudunk adni, DB-k esetében ugyanez áll a hidrogénre. Megfigyelési tényként kell elfogadni ezt, s talán sejtjük is a magyarázatot: a fehér törpék légkörében sugárzási egyensúly uralkodik, semmi turbulencia, konvekció nincs, és a cm/s nagyságrendű sebességeket produkáló diffúzió — hogy milyen összetételű anyagból, ezt senki nem látta — kihajtja egyszer a hidrogént, máskor a héliumot. Csak halvány sejtéseink vannak arról, hogy mikor melyiket és miért. Ezért nagyon érdekes, amikor felfedeznek egy DAB csillagot, olyan fehér törpét, amelynek színeképében a hidrogén és a hélium vonalai egyaránt láthatók. A GD 323-as fehér törpe például ilyen, s erre most sikerült kidolgozni egy olyan légkörmodellt, amelynek némi realitása is van: azaz a kontinuum és a vonalak alakját jól visszaadja. Eszerint egy  $10^{-17}$  naptömegnyi, optikailag vékony, tiszta hidrogénréteg (afféle átlátszó felhő) lebeg a 30 000 K effektív hőmérsékletű, tisztán héliumból álló atmoszféra fölött. Vajon mitől stabilis egy ilyen furcsa helyzet? Csak azt tudjuk, hogy a legendyább fuvallat is összekeverné a két réteget, de ilyen még sincs jelen a 30 000 fokos plazmában.

A DC fehér törpék nevébe a C betű régen azért került, mert színeképük folytonos volt, azaz a kontinuum (continuum) uralta; 5%-nál mélyebb színeképvonal, bemélyedés nincs a látható színeképükben. Főleg az IUE műhold észlelései nyomán kiderült, hogy az ultraibolya spektrumukban a szén vonalai látszanak, de mivel annak vegyjele C, maradhat a DC típusjelölés, csak ezentúl úgy kell kiejteni, hogy „karbon” (azaz szén)-törpék. A G 227—5 fehér törpe színeképének analízise azt mutatja, hogy ez egy eléggé tipikus DC csillag:  $T_e = 12\,500 \pm 500$  K,  $\lg g = 8$ , a szén/hidrogén arány  $(3 \pm 1) \times 10^{-3}$ , míg a hidrogén/hélium arány  $(2 \pm 1) \times 10^{-4}$ . Tehát egész kevés szén a hélium atmoszférában jelentősen megváltoztatja a színeképet. A DC csillagok, legalábbis azok, amelyeknek ez a csillag a prototípusa, hideg DB csillagok, egy kis szenes szennyezéssel. A számítások szerint a szén

a csillag környezetéből akkrécióval nem mehetett oda, maradt az, hogy a csillag mélyéből jött, ahol túlnyomóan szén és nehezebb elemek vannak. Nyitott kérdés, hogy miért csak ilyen kevés szén jön föl, s ha már följön, például konvekcióval, miért nem keveredik teljesen össze az atmoszféra, mert hiszen a mélyben a hélium koncentrációja is elenyésző. Azt sem értjük egyelőre, hogy miért csak  $T_e = 13\,000\text{--}6000\text{ K}$  között működik a folyamat, amint a hasonló csillagok vizsgálatából következik. Nyilvánvaló, hogy ezen csillagok a széntartalmú fehér törpék külön osztályát képezik a korábban ismert  $C_2$  (avagy korábbi nevein  $\lambda\,4670$ , DQ, illetve „swan band  $C_2$ ”) jelzésű fehér törpékkel szemben, amelyeknek légköre hidegebb.

### Röntgensugárzó égitest és egy flegző csillag a Sirlustól 6 ípercnyire

Ismeretes, hogy a Sirius B fehér törpe. A jelenlegi csillagfejlődési modellek szerint ennek az állapotnak eléréséhez jelentős mennyiségű anyagot kell a csillagnak kibocsátania magából, csillagszéllel, Wolf—Rayet-fázissal, esetleg robbanásokkal vagy akár szupernóva-robbanással. A Sirius igen közel van hozzánk, ezért e kilökött anyagot látnunk kellene, mert a Sirius A viszonylag pontosan ismert kis tömege alapján tudjuk, hogy a kilökött anyagot nem szívhatta magába. Ezért érdekes a címben jelzett felfedezés, mert elképzelhető, hogy a Sirlustól 6 ípercnyire egy kompakt égitest (neutroncsillag, fekete törpe) van, s ez nyeli el a Sirius B fehér törpévé fejlődése során kilökött anyagot, ami felhevülve röntgensugárzás forrása.

Mai modelljeink szerint a kompakt égitestek legjobban a környezetükből elnyelt anyag által ismerhetők föl, mert az az árapályerők miatt több millió fokra hevül a behullás előtt. Ha mármost egy ilyen égitestet találunk a Sirius közelében, annak asztrometriai kimutatásához több száz évre volna szükség, mert a 6 íperc kb. 1000 cs. e.-nek felel meg, tehát igen tág rendszerről van szó. Ha azonban az ugyanott talált flegző csillag és a röntgenforrás összetartoznak, a csillag sajátmozgásának megméréseivel rövidesen eldönthető lesz az, hogy e kettős rendszer tényleg a Sirius távolságában van-e, vagy pedig csak projekcióról van szó.

### A csillagfejlődés észlelése a PG 1159—035 forró törpén

A Palomar-Green (PG) szemle nevét R. F. Greenről kapta, aki a hetvenes évek közepén a doktorátusért átvizsgálta a Palomar Sky Surveyt, s ebből kiválogatta azokat az érdekes objektumokat (főleg halvány, kék csillagokat), amelyekre eddig senki nem hívta fel a figyelmet. A munka szakfolyóiratokban ugyan nem jelent meg, de a Kaliforniai Műszaki Egyetem (Califor-

nia Institute of Technology) környezetében levő kutatók egymás után veszik sorra a PG szemle objektumait, s ezek gyakran igen különlegesnek bizonyulnak.

A PG 1159—035 (a számok az égi koordinátákat kódolják) pulzáló változócsillag, felszíni hőmérséklete 100 000 K, a felszíni nehézségi gyorsulása pedig a fehér törpékre jellemző  $10^8 \text{ cm/s}^2$  nagyságrendjében van. Négy austini és egy fokvárosi csillagász öt éven át megfigyelte ezt a csillagot, hogy a periódusváltozásait megállapítsa. Az 516 s-os fő periódusra ez sikerült is,  $dP/dt = (-1,2 \pm 0,1) \times 10^{-11}$ , ami  $(1,4 \pm 0,1) \times 10^6$  éves fejlődési időskálának felel meg.

Az elméleti számítások szerint a fehér törpe állapotban, illetve az azt közvetlenül megelőző állapotban, amiben a PG 1159—035 is van, három effektív hőmérsékleti tartományban van pulzációs instabilitás: 100 000, 30 000, 10 000 K körül. Az utóbbi kettő pulzáló DB, illetve ZZ Ceti típusú csillagként már ismeretes, s érdemes azt is megjegyezni, hogy elméletileg előbb volt ismeretes a 30 000 K-nél levő instabilitás, mint megfigyelési oldalról, tehát a felfedezés elméletileg történt! Mindhárom instabilitási sávra kiszámítható a fejlődés menete, időskálája. A 100 000 K-es instabilitásra az jött ki, hogy a fő fejlődési jelenség nem a hűlés, hanem a csillag kontrakciója. A többi instabilitási sáv elméleti tanulmányozásával összevetve mindezt az adódik, hogy a kontrakció uralja a fehér törpék fejlődését, és a hűlés másodlagos. Ebből következik még némi számolással és megfigyelésekkel való összevetéssel az, hogy a fehér törpék a Tejútrendszer  $10^{10}$  éves élettartama alatt sem hűltek ki, azaz a lehidegebb fehér törpék is láthatók még. Ez viszont azt jelenti, hogy aligha van a Tejútrendszerben számottevő népesség fekete törpékből, legalábbis a fősorozatot valaha is elért csillagokból. Ily módon mellesleg fontos utalást kaptunk a hiányzó tömeg évek óta létező problémájához.

### A Procyon koronája röntgentartományban

Az Einstein Obszervatórium\* leképező proporcionális számlálójával a Procyon irányából olyan röntgensugárzást észleltek, ami a Nap nyugodt röntgenemissziójához hasonlít, és kb. 1 500 000 K hőmérsékletnek felel meg. A röntgensugárzás tehát izoterm, optikailag vékony tartományból jön. A Procyon B, a rendszer fehér törpe tagja röntgenben elhanyagolható mértékben sugároz, mert effektív hőmérséklete kb. 6000 K, így a röntgensugárzás forrása minden jel szerint a Procyon A, ami F5 IV—V szinképtípusú, fősorozati csillag. Róla korábban is sejtették, hogy a Napéhoz hasonló, kiterjedt koronája van.

\* Mesterséges holdra szerelt röntgentávcső. — *A szerk.*

Az ilyen csillagok körüli koronák vizsgálata azért érdekes, mert analógiák révén segítséget nyújthat sok jelenség jobb megértéséhez, amelyek a Nap koronájában, kromoszférájában zajlanak le. Ezek érdekessége nemcsak abban áll, hogy befolyásolják Földünk légkörét, hanem abban is, hogy egyedül itt vizsgálható fizikai folyamatokat nap nap után tárnak elénk a legnagyobb részletességgel. Gondolhatunk itt a magnetohidrodinamikai hullámokra, turbulenciákra és áramlásokra, amelyek hanghullámokat keltenek, s energiát visznek át a Nap légkörének külső, híg rétegeibe, s valószínűleg a korona fűtéséért is felelősek.

### A $\epsilon$ Eri globális oszcillációi

A Nap ötperces oszcillációinak megfelelőjét már évek óta szeretnék megtalálni más csillagokon, s 1984-ben a keresés sikert hozott hat harvardi, illetve Mt. Wilson-i csillagásznak.

Ismeretes, hogy a Nap ötperces oszcillációinak sebességamplitúdója az egyes módusokban csak néhányszor 10 cm/s vagy m/s. Ezek  $p$  módusú rezgések, azaz a hanghullámok analogonjai: az összenyomódással szembeni helyreállító erő a nyomásból származik, innen az elnevezés. Ennek közvetlen kimérésére jelenleg nincs lehetőség a csillagokon, de itt jött segítségül az a megfigyelés, hogy az ötperces oszcilláció látszik a Nap H- és K-vonalában. E vonaloknak a Nap kromoszférájából származó emissziós magjában az intenzitás az ötperces oszcillációval korrelálva változik. A jelenség oka az, hogy a kifelé haladó nyomáshullámok módosítják egy kicsit a csillag (illetve a Nap) légkörének szerkezetét, s ettől változik végül is a spektrum. Ennek megfigyelése sikerült most az  $\epsilon$  Eri-n, amelynek kicsit erősebb kromoszférája van, mint a Napnak, tehát a hatás még kihangsúlyozottabb. A talált frekvencia 86 és 172  $\mu\text{Hz}$  (az egyik a másik felharmonikusa), s noha a szerzők a megerősítés fontosságát hangsúlyozzák, a 172  $\mu\text{Hz}$  ( $P \approx 5800$  s) közel az a frekvencia, amit egy ilyen csillagra várunk.

Efféle észlelések szaporodásával a Nap szeizmológiája után megindul bizonyára a csillagok szeizmológiája is, s e rezgések felbecsülhetetlen ismereteket fognak szolgáltatni a csillagok belsejéről. A csillagok belsejének modellezésekor ugyanis szinte a kezdet, a századforduló óta az a probléma, hogy viszonylag kevés megfigyelési adatot kell visszaadni olyan elméleti modellekkel, amelyeknek nagyon sok bemenő paramétere van. Mivel a csillagok sajátrezgései sokat elárulnak olyan függvényekről, mint a sűrűség és a hőmérséklet változása a csillag sugara mentén, a csillagok szerkezetét empirikusan vizsgálható általuk szinte kilométerről kilométerre, ahogy haladunk lefelé az optikailag soha nem látható rétegekbe. Ezáltal szaporodik az a megfigyelési anyag, ami megszorításokat ad az elméleti modellek olyan paramétereire, amelyek eddig szabadon választhatók voltak például fizikai intuíció alapján.

**Az NGC 4699 galaxisban fellobbant  
1983K jelű szupernóva utóélete,  
a színeképek feldolgozásának első eredményei**

Az NGC 4699 jelű spirális galaxisban 1983. június 6-án fedezte fel Marina Wischnjewsky az 1983K jelű szupernóvat, 18 nappal a maximum előtt, amikor fényessége még csak  $17^m$  volt. Négy nap múlva már  $13^m$  lett a fényessége, a maximumban ez  $12^m5$ -ig nőtt. Az első színeképet pedig június 14-én készítették róla. Lényegében ez az első, nagy diszperziós színeképekkel dokumentált kettős szupernóva (SN II). Az első három hónapban felvett színeképek feldolgozása az *Astrophysical Journal* 1985. február 1-i számában jelent meg. Nem túlzás azt mondani, hogy e színeképek által mérföldeset lépett előre tudásunk a szupernóvákról.

A másfél, illetve egyméteres távcsővel Cassegrain-fókuszban készített felvételeket (Cerro Tololo Inter-American Observatory) részben fotólemezzre készítették, részben Vidicon képerősítő berendezéssel rögzítették. A színeképek vizsgálata a következő eredményekre vezetett.

1. A maximum előtti időben HI-, HeII-, NIII-vonalai láthatók emisszióban — mintha valami táguló, híg héj okozná a színeképet.

2. A maximum alatt és után hirtelen erős kontinuum jelent meg, és gyenge HI-, HeI-, CaII-vonalak abszorpcióban.

3. Ezután P Cygni típusú profilok alakultak ki.

4. A radiális sebesség a  $H_{\gamma}$ ,  $H_{\delta}$  abszorpciós vonalakban mérve  $+400$  km/s (június) és  $-1000$  km/s (augusztus) között változott, a szerzők szerint időben lineárisan, bár a kevés észlelt pontból (hét június 15—30. között, kettő július 31-én és augusztus 1-én) ez utóbbi kissé merész állítás.

Mielőtt jobban körüljárjuk a SN II témáját, először az 1—4. pontok alatt felsoroltak leegyszerűsített értelmezését adjuk.

(a) Teljesen új ismeret a SN II-ről, hogy a maximum előtti színekép szinte megtévesztésig a WN színeképekkel azonos, tehát a nitrogént tartalmazó Wolf—Rayet-színeképpel. Ha megállt volna ez a szupernóva maximumban, azt mondanánk, hogy WN csillag alakult ki.

(b) A színeképekben nyoma sincs annak, hogy az 1983K vörös óriás csillag lett volna a robbanás előtt. (A mai elméleti modellek szerint a SN II előde vörös óriás, arról azonban nincs megbízható adat, hogy mennyi idővel a maximum előtt szűnik meg az lenni.)

(c) A robbanás viszonylag békés: az abszorpciós színeképet okozó réteg gyorsulása kb.  $50$  cm/s<sup>2</sup>, ötöde annak, amit egy gépkocsivezető indulás során elér, de ez a gyorsulás 45 napig folyamatosan történik, s a végsebességet nézve egy hiperszónikus áramlás alakul ki. A hangsebesség ilyen gázokban  $10$  km/s nagyságrendű; itt ennek százszorosa jön létre.

Érdekességgel szolgál még az 1983K helye: bár spirálgalaxisban keletke-



zett, a centrumtól, illetve a spirálkaroktól igen távol van.  $H_0 = 100 \text{ kms}^{-1}/\text{Mpc}$  Hubble-állandóval számolva a centrumtól mért 3,3 távolság 11,5 kpc-nek felel meg.

A mai elméleti modellek szerint úgy képzeljük el, hogy a SN I a hidrogén-égésen túl levő öreg, kis tömegű csillag felrobbanásából lesz, amelyhez az energiát a szén és az oxigén explozív nukleáris égése szolgáltatja, a vascsoport elemei alakulnak ki ilyenkor a legnagyobb arányban. A robbanás során a csillag teljesen szétszóródik.

A SN II előde nagy tömegű, viszonylag több hidrogént tartalmazó I. populációs csillag. A kifényesedés forrása egy lökéshullám, amely keresztülhalad a tömérdek hidrogént tartalmazó burkon, s a csillag mérete  $10^9$ — $10^{10}$  km-re fúvódik föl. A fényesség lassú csökkenése a burokban levő anyag rekombinációja miatt van, e fizikai folyamat adja a fénygörbén ismert platót. A tulajdonképpeni robbanás — például a mag kollapszusa fehér törpévé vagy neutroncsillaggá — a mélységben zajlik le, szemünk előtt elrejtve. Láthatóvá csak akkor válik, ha teljesen eloszlott a törmelék, azaz a kitáguló, híguló burok. Az eddigi modellek sémája az volt, hogy ??—robbanás, ez az 1983K után úgy módosul, hogy ??—WN csillag—robbanás. Említésre méltó továbbá, hogy a galaxis centrumától távol lobbant föl ez a szupernóva, ott, ahol a spirálkarok már nem látszanak, ott, ahol nemigen számítunk nagy tömegű I. populációs csillagokra.

Elméleti számítások szerint például egy emissziós O csillag lehet egy WN csillag előde, ha tömege eléri a 18 naptömeget. Ha ez áll az 1983K-ra is, akkor rögtön okoz egy súlyos problémát a modelljének megszerkesztésében: a számítások szerint ugyanis ilyen nehéz csillagról a mag kollapszusa során létrejövő lökéshullám nem tud lelökni egy burkot, magába roskad a csillag, mielőtt kifényesedik. Sőt ez a probléma már 7—8 naptömeg körül is jelentkezik. Mindez a kb. 20 év óta sokféle verzióban elkészített szupernóvamodellek gyermekbetegségeire utal: ha a fénygörbét sikerül jól visszaadni egy modellel, az impulzusviszonyokkal vagyunk bajban, nem megy szét a csillag. Ha viszont szétrobbantjuk, nem marad elég energia a fényesség reprodukálására.

E problémát az 1983K esetében úgy kerülik ki a modellek, hogy feltételeznek egy 1—2 naptömegű héjat a csillag körül, ami már korábban kialakult. (Vajon hogyan? Csillagszéllel?) E héjon halad keresztül a lökéshullám, ami a mag kollapszusából származik, felhevíti a burkot, és megindítja kifelé. E héjból jött a maximum alatt az abszorpciós színekép, és a maximum után a P Cygni típusú színekép. A maximum előtti WN színekép pedig a fotoszferikus színekép volt, ami azért látszott, mert a hideg, híg héj átlátszó volt. Mindezt összegezve némi iróniával állapíthatjuk meg, hogy korábbi SN II-modelleink nem bizonyultak jónak, amikor a szupernóva-robbanás olyan időszakára alkalmaztuk őket, amely a régebbi megfigyelésekből ismeretlen

volt. Ez a szakasz, a WN fázis, azt hozta, hogy modelljeinket ki kellett egészíteni azzal az előzőleg kialakult héjjal, aminek létre először az 1983K mutatott rá.

### Csillagkeletkezés az irreguláris galaxisokban

D. Hunter, a washingtoni Carnegie Institute fiatal kutatója kapta az „Astronomical Society of the Pacific” 1984-es Trumpler-díját, amelyet az év legjobbnak talált doktori értekezéséért ítélnek oda. A díjazott hölgy dolgozatának fő eredménye a következő: irreguláris galaxisok semmilyen megfigyelhető sajátosságát nem sikerült korrelációba hozni a bennük levő fiatal csillagok arányával, tehát a csillagkeletkezéssel.

Tudvalevőleg a legtöbb csillagközi anyagot az irreguláris galaxisok tartalmazzák, s azon elköpzelés alapján, miszerint a csillagok csillagközi gázból keletkeznek, azt várjuk, hogy az irregulárisokban a legnagyobb a fiatal csillagok számaránya. Vannak olyan — főleg óriás — irreguláris galaxisok, amelyekben számarány szerint tényleg több fiatal csillag van, mint egy spirálisban, de van bőven ellenkező példa is. Úgy tűnik, hogy a kis irregulárisok között gyakoribb az, hogy csillagnépességük öreg, de ez sem teljesen egyértelmű.

Ma a legtöbbször által elfogadott elméleti kép szerint a spirálisokban a sűrűség hullámok indítják el a csillagkeletkezési folyamatot, s felelősek a spirálszerkezetért is. Irregulárisokban sűrűség hullámok nyomát sem lehet látni, csillagok mégis keletkeznek, mégpedig galaxisról galaxisra változó számarányban. A díjazott dolgozat ez utóbbi kérdés megfigyelési oldalát világitotta meg.

### A csillagkeletkezés színterei

V. A. Ambarcumjan kiváló örmény csillagász előadásban foglalta össze eretnek nézeteit a csillagkeletkezésről. Bár e cikk célja az új eredmények ismertetése, nem zárkozhatunk el új koncepciók ismertetésétől, amelyek inkább régi megfigyeléseket helyeznek új megvilágításba, és viszonylag kevés olyan új eredményt tartalmaznak, amilyenekkel manapság talán túlságosan is tele van a szakajtó: végtelenségig vitt számításokkal, azok részleteivel és viszonylag kevés gondolattal. E munkák ugyanis inkább technikai munkák, amelyek mögött a tetemes terjedelem ellenére is csak egy-két olyan gondolat húzódik meg, amelyet például mostanában fejtett ki Ambarcumjan.

1. A megfigyelések szerint nyilvánvaló, hogy a fiatal csillagok környékén óriás gázfelhők vannak. Ha azonban tárgyilagosan nézzük ezt a tényt,

tyúk-tojás problémával állunk szemben: nem tudjuk, melyik az elsődleges. Mindezek ellenére általános a felfogás az elméleti szakemberek között, hogy a felhőből lesznek a csillagok, noha ezt csak az támasztja alá, hogy a számítások szerint lehetséges az, hogy a gázfelhő felaprózódjék és csillagokká álljon össze. Szigorúan véve fennállnak még a következő lehetőségek: együtt keletkeztek a felhő és a csillagok, illetve a csillagokból lett a felhő. Ez utóbbi kevésbé valószínű, mert felhőt látunk csillagok nélkül, fiatal csillagok felhő nélkül viszont ritkák.

2. A csillagok stabilak  $10^8$  éves időskálán, a felhők gyorsabban szétesnek, a különböző becslések szerint  $10^5$ — $10^7$  éves időskálán.

3. Az óriás molekulafelhők, a csillagkeletkezés gyanított színhelyei igen nagy tömegűek egy csillaghoz képest. 10 000 naptömeg vagy ennél is több a tömegük. Ezen molekulafelhők környékén gyakoriak az OB és T asszociációk, amelyekről úgy tudjuk, hogy  $10^7$  év alatt szétesnek. A felhőkön kívül található O, B csillagok környezetében megfigyelhető valamilyen anyagkiáramlás (csillagszél?), de a felhők környezetében levő O, B csillagoknál az anyagkiáramlás sebessége körülbelül tízszeres az előbb említett esethez képest. Mintha az egész felhő tágulna, s erősen kérdéses, hogy a kiáramló anyag forrása a forró fiatal csillagok csillagszele.

Ehhez jön még az, hogy az ilyen felhőkben ismert *Bok-féle* (sötét) *globulákban* (lásd az *1. színes mellékletet*) a CO-molekula rádióvonalainak legfrissebb megfigyelése szerint nem befelé, hanem 1—3 km/s sebességgel kifelé tartó áramlás látható. Tehát nem kollapszus történik a Bok-féle globulákban, amiben egy nagyon reménykedtek a csillagkeletkezés szakemberei az elmúlt húsz évben. Sőt a néhány globulában megfigyelt üstököszerű köd egy csillagból kifelé áramló anyag képe, de ez nem látható minden globulában. Ezek sajátosságait a közeli jövőben elvégzendő infravörös észlelések fogják tisztázni, azaz hogy a globula-csillag-kifelé áramló anyag (üstököszerű köd) a helyes időbeli sorrend, avagy a csillag és az üstököszerű köd a globula mélyén valami nem látott forrásból egyidejűleg lesz, s az egész együtt indul expanzióknak.

Az óriás molekulafelhő és a benne levő O, B vagy T Tauri csillagok együttesét Ambarcumjan szuperasszociációnak nevezi. Ezek elfogulatlan tanulmányozása biztos közelebb visz majd bennünket a csillagkeletkezés rejtélyének megoldásához. A globulák mélyén vagy az óriás molekulafelhők belsejében rejtőzködő anyagkidobó centrumot nem szabad teljesen kizárni elképzeléseinkből csak azért, mert nem tudjuk elképzelni, hogy milyen, és mert van egy elképzelésünk a felhők felaprózódásáról. Ez utóbbiról kritikusán meg kell jegyezni, hogy ezen elképzelés alapján megjósolni nem lehetett új megfigyelési eredményeket, sőt az újabb megfigyelések tükrében, mint például a heves anyagkiáramlás a csillagkeletkezés feltételezett helyszínén, a felaprózódás egyszerű képe kérdésessé válhat.

További érdekes részeredmény e területen, hogy a bjurakáni obszervatóri-

umban végzett széles körű észlelési programmal sikerült felfedezni sok erős ultraibolya sugárzást mutató galaxist. Ezekről aztán az is kiderült, hogy számos szuperasszociációt és aktív galaxismagot tartalmaznak. Motoszkál a kérdés, legalábbis több bjurakáni koponyában, hogy hátha az aktív galaxismagok dobják ki az óriás molekulafelhőkkel együtt a csillagok embrióit is, azaz a szuperasszociációkat, és hogy a csillagkeletkezés fő iránya a sűrűbből a hígabb felé mutat, és nem fordítva, mint ahogy azt ma a csillagászok többsége hiszi.

Az ötvenes években mindenki azt hitte, hogy a rádiógalaxisok ütköző galaxisok. Ma pedig tudjuk, hogy szó sincs erről, az azóta felfedezett számos rádiógalaxis valójában aktív galaxismagot tartalmaz. Ezek aktivitásának kutatása éppen csak megindult, de bizonyára sok meglepetést fog még hozni. A csillagkeletkezésnek az Ambarcumjan iskolája által vázolt elképzelése előzetes ezekből.

### Naprendszer méretű halók fiatal csillagok körül

G. Herbig, a neves amerikai csillagász már 15 éve valami halvány fénylést látott a HL Tau nevű T Tauri csillag körül, amelynek az átmérője kb.  $1''$ . A speckle-interferometria jóvoltából már nemcsak a csillagászok jó szemére vagyunk utalva, amikor átvizsgálják a kiváló légköri körülmények idején exponált lemezeket, hanem a  $\sim 1''$  átmérőjű fénylések mérete néhány százalék pontossággal mérhető. Mint ismeretes, az ilyen technikával készült felvételeket közel monokromatikus fényben csinálják, igen rövid expozíciós idővel, és a feloldásnak a távcső geometriai optikából ismert  $\lambda/d$  feloldóképessége szab határt. ( $\lambda$  a fény hullámhossza, amelyen a felvételt csinálják,  $d$  a távcső nyílása.) A feloldóképesség  $0,1''$ — $0,01''$  közé szokott esni a méteres kategóriájú távcsövekre, és a képet számítógéppel szerkesztik meg.

A HL Tau körüli kb.  $1''$ -es fénylés a speckle-felvétel szerint  $320 \times 200$  cs. e. kiterjedésű, míg egy másik T Tauri csillag, az R Mon körül egy  $1300 \times 1300$  csillagászati egység méretű fénylés látszik. Ha megbecsüljük ezek tömegét, a Nap bolygórendszerének tömegét kapjuk, továbbá azt, hogy e csillagokból a csillagszél nem vihetett el annyi anyagot, amennyi e fénylésekben van. A két csillag nem érte el még a fősorozatot, tehát a fénylés az a felhő, amivel együtt alakult ki a csillag, illetve annak a felhőnek a maradványa, amiből a csillag lett. Meg kell még említeni, hogy három másik T Tauri csillagra (DG Tau, T Tau, V380 Ori) hasonló vizsgálatok negatív eredményre vezettek: nem látszik körülöttük fénylés.

Ide tartozik még az is, hogy a Vega körül az IRAS műhold által fölfedezett felhő, amely infravörösben a Vega jelentős fényességét okozza, szintén olyan nagy tömegű, hogy csillagszélből nem származhatott. A Vega körüli folytonos rádiósugárzás megfigyelése szerint  $3 \times 10^{-10}$  naptömeg/év a felső

korlát a Vega tömegvesztésére csillagszélből. Következésképpen a Vega körül is valami presztelláris vagy a csillaggal együtt keletkezett felhő maradványa látszik.

### A Halley-üstökös Babilóniából

A Halley-üstökösről szóló írásokkal szinte zsúfolásig tele van a szak- és népszerűsítő sajtó e cikk írásakor (a perihélium előtt 2 hónappal), de ezek ismertetése, a naponta gyarapodó újdonságok megtárgyalása nem feladatunk. Egy érdekes felfedezésről azonban szeretnénk itt beszámolni. F. R. Stephenson, K. K. C. Yau (a durhami egyetemről) és H. Hunger (a bécsi egyetemről) a British Museumban ékírásos babiloni szövegek tanulmányozása kapcsán a Halley-üstökösről szóló feljegyzéseket talált, annak az i. e. 164-es és 87-es visszatéréséről. Ez ugyan nem az első észlelése az üstökösnek (lásd Tóth Imre cikkét az 1984-es *Csillagászati Évkönyvben*), de akkor is igen érdekes csillagászati újság. Ráadásul az üstökös i. e. 164-es visszatéréséről ez az egyetlen eddig ismert feljegyzés.

A babiloni csillagászat gyökerei a sumer időkbe nyúlnak vissza, az i. e. III. évezredig. Szorgosan figyelték meg az akkori csillagászok a bolygókat és a csillagképeket, a nap hosszát, a csillagképek kelését, lenyugvását, mindent azért, hogy a korabeli fő égi tudományt, az asztrológiát kiszolgálják. Időszámításunk 150. éve táján Ptolemaiosz megemlíti egy ránk maradt feljegyzésben, hogy előtte ismeretesek Nabonassar (Nabú-nászir, 747—737) idejéből származó megfigyelések a Hold és a bolygók mozgásáról. Akkoriban ez volt a fő kutatási téma, ha mai kifejezést akarunk használni. Amit ránk hagytak ezek a csillagászok: naptárak, efemerisek végtelen sora, a 12 állatövi csillagkép, 31 referenciacsillag megfigyelése, amelyekhez képest meghatározták a bolygók mozgását, királyok uralkodási ideje, viharok, földrengések, üstökösök megfigyelése, ez utóbbiak csillagászati eseményekkel datálva. Ezenkívül nagyon szerették volna előre jelezni a természeti jelenségeket, fogyatkozásoktól a földrengésekig, viharokig. Minderről tudott állítólag Halley is Diodorus Siculus (görög történész, i. e. I. század) feljegyzései alapján, de azokat nem olvasta át kellő részletességgel, mert unalmas asztrológiai babonák gyűjteményének tartotta. Halley bizonyára meglepődött volna, hogy az üstökös, amelynek periodikus voltát ő fedezte fel, Diodorus Siculus szerint ismert volt az ősi Káldeában is.

A Halley-üstökös babiloni észleléséről szóló ékírásos táblák alapján sikerült most rekonstruálni az égi pályát is i. e. 164-ben és 87-ben. Ebből meg lehetett határozni a perihélium időpontját 15, illetve 21 nap pontossággal. Mindez jelentősen előrevitte tudásunkat az üstökös pályájáról, lehetővé tette annak pontosabb múltbeli számítását.

## Újdonságok a PSR 1937+21 pulzárrol

Ismeretes, hogy az 1982-ben felfedezett PSR 1937+21 pulzár periódusa az ismert legrövidebb (lásd Kálmán Béla cikkét az 1985-ös *Csillagászati Évkönyvben*). Az azóta végzett megfigyelések megerősítették azt, hogy elképesztően stabilan tartja a periódusát; ha az elméletileg jól értett forgási-energia-veszteséget s az ebből származó periódusnövekedést leszámítjuk, a stabilitás 1 a  $10^{13}$ -hoz 2 év alatt. Más szavakkal, ez azt jelenti, hogy a pulzár stabilitása a legjobb atomórakéval vetekszik, s talán fontolóra lehet venni, hogy atomórak helyett inkább rádiótávcsövet kell építeni. (E. E. Barnard amerikai csillagász javasolt ilyesmit a századforduló táján, akkor persze változócsillagokkal kapcsolatban.)

A milliszekundumos pulzárt újabb célra alkalmazta a közelmúltban M. M. Davis, J. H. Taylor, J. M. Weisberg és D. C. Backer. Hathavi észlelési sorozat alapján megbecsülték az Univerzum alacsony frekvenciás gravitációs sugárzási háttérét, ami — ha van — az Ősrobbanásból maradt vissza. Mindez azért érdekes, mert a különböző ősrobbanási modellek különböző gravitációs háttérsugárzást produkálnak, ami aztán kölcsönhatásba lép a pulzárral, azaz a forgó neutroncsillaggal, s annak kismérvű precesszióját okozná. A beérkező jelek frekvenciájának ingadozására oly kicsi értéket kaptak, ami a mérés hibájával azonos. Ezért egyelőre csak felső korlátot sikerült adni az esetleges gravitációs háttérsugárzás különböző fajtáinak energiasűrűségére a PSR 1937+21 megfigyeléséből.

Az észleléseket folytatják tovább, mert belátható időn belül lehetőség kínálkozik az energiasűrűségi korlát leszállítására, illetve pozitív eredményre. Ez alapján esetleg meg lehet találni például az inflációs szakasz nyomát az Ősrobbanás során, ha tényleg volt ilyen, vagy talán az Ősrobbanás kurrens elméleteiben manapság szereplő fázisátalakulások nyomát. A most említett merész feltevéseket aztán vagy sikerül igazolni, vagy száműznünk kell modelljeinkből. Bizonyos azonban, hogy akármelyik eset érdekes lesz.

### A Stephan-féle galaxisötös

Régi rejtély a Stephan-féle kvintett (lásd a 2. színes mellékleten lent). Mint ismeretes, négy egymáshoz közeli galaxis vöröseltolódása kb. 6000 km/s, míg egyé 800 km/s sebességnek felel meg. A galaxisok olyan közel vannak egymáshoz, hogy sokan felteszik róluk, hogy összetartoznak. Ha ez igaz, meg kell magyarázni az ilyen erősen különböző vöröseltolódásokat, különben a Hubble-törvény válik kérdésessé. Ezért kedvenc témája ez a galaxisötös mindazoknak, akik nem kozmológiai eredetű vöröseltolódások mellett érvelnek: íme, öt galaxis egymás közvetlen közelében, s a vöröseltolódásuk jelentősen eltérő.

W. J. Shostak (Groningen, Hollandia), W. T. Sullivan (Seattle, Washington) és R. J. Allen (Groningen) a hidrogén 21 cm-es vonalában vizsgálta az ötot, és arra a gyanúra jutott, hogy talán vannak egyéb galaxisok is a környéken; 6000 és 800 km/s vöröselölódással egyaránt. Ebből viszont arra lehet gondolni, hogy nem összetartozó galaxisláncról van szó, hanem csak projekcióról. A további észlelések fogják eldönteni végelesen a kérdést, a most ismertett munka érdeme az, hogy kimozdította a vizsgálatokat a holtpontról. A cél világos: keresni kell olyan területet, ahol a közelebbi (kisebb vöröselölódású) galaxishalmaz fedí a távolabbit, s ki kell mutatni a belőle jövő sugárzás elnyelődését arrafelé, ahol a legnagyobb a fedés. Mindez az abszorpciós szinkép nagy feloldású vizsgálatával ma már nem látszik lehetetlennek.

### Forró gáz az elliptikus galaxisokban

Sokáig hitték az asztrofizikusok, hogy az elliptikus galaxisokban nincs gáz. Sokféleképpen keresték ugyan, hátha mégis van, de az a közelmúltig senkinek sem jutott eszébe, hogy nyomát a röntgen szinképtartományban keressék. Mostanában több elliptikus galaxisról derült ki, hogy röntgensugárzásuk gyakran százszor olyan erős, mint egy hasonló méretű spirálisé. Ezt nem magyarázhatjuk a szokásos feltevésekkel, például nagy számban jelenlevő röntgensillagok, azaz szoros kettősök környezetében keletkező röntgensugárzás összegződésével. Maradt tehát az a gyanú, hogy az elliptikusokban is van gáz, csak olyan forró, hogy a szokásos módszerekkel, például a 21 cm-es vonalban vagy a látható fényben végzett megfigyelésekkel nem mutatható ki. Emellett szól az is, hogy mostanában egyre több jel utal arra, hogy  $10^8$  K hőmérsékletű intergalaktikus gázfelhők is léteznek a galaxishalmazokban, tehát a forró gázfelhők egyáltalán nem ritkák.

Korábban az okozott fejtörést az asztrofizikusoknak, hogy mi söpörhette ki az elliptikus galaxisokat annyira tisztára, hogy semmi csillagközi gáz és por nem maradt bennük. Ugyanez a kérdés máshogy feltéve: ha a csillagok tényleg csillagközi anyagból képződnek, mi az a folyamat, ami az elliptikusokban ezt az anyagot kb. 100% határfokkal csillagokká formálta, míg spirálisokban csak mintegy 50% a határfok, az irregulárisokban pedig még alacsonyabb. Ha az elliptikusok röntgensugárzása tényleg forró csillagközi gázból ered, az előbbi kérdések helyére ma az lép, hogy mi hevítette fel a csillagközi anyagot az elliptikusokban (és az intergalaktikus térben), s miért hideg ez az anyag a spirálisokban és az irregulárisokban. Ha megbecsüljük a gáz mennyiségét az elliptikusokban a röntgensugárzás alapján, a spirálisokban található gázmennyiséget kapjuk. Eszerint tehát nem kell azt feltételezni, hogy a gázból történő csillagkeletkezés határfoka (a csillag/gáz arány) más volna az elliptikusokban, mint a spirálisokban.

## Lokális rendszer, galaxishalmaz, szuperhalmaz

A Világegyetem nagyléptékű homogenitása és inhomogenitása egyaránt sok problémát okoz az elméleti szakembereknek. Mint tudjuk, korábban a homogén és izotróp világmodellekkel nagy sikereket értek el, a legnevezetesebb ezek közül az Ősrobbanás megértése.

A szélsőségekbe nyúló kérdések közül kettő tisztázatlan maradt. Az egyik, hogy mennyire jogos a homogenitás feltevése, hiszen egy galaxisokkal teleítüzdelt világ egyáltalán nem homogén. A másik, hogy ha a galaxisok által kirajzolt sűrűségeloszlás inhomogénnak bizonyul, miért mégis oly homogén a háttérsugárzás?

Mindenki látta, hogy az előrelépés feltétele e kérdések megválaszolásában a megfigyelési anyag szaporítása. Sok galaxis vöröseltolódását kell megmérni, és a Hubble-törvény felhasználásával a galaxisok háromdimenziós eloszlását kell megszerkeszteni. Ma már közel 20 000 vöröseltolódási adat áll rendelkezésünkre, és ez alapján, ha nem is tudunk teljes mértékben válaszolni az előbb említett kérdésekre, kirajzolódott a galaxisok eloszlásáról a következő kép. Lokális rendszerünk, illetve más nagy galaxisok, galaxispárok körüli lokális rendszerek gravitációsan kötöttek. Galaxishalmazról ma kevesebbet beszélünk, mert e fogalom abból az időből maradt ránk, amikor még csak a galaxisok látszólagos égi eloszlását tudtuk vizsgálni. Manapság inkább szuperhalmazról beszélünk; ez alatt néha egy régi értelemben vett galaxishalmazt értünk, de lehet, hogy több, régi értelemben vett galaxishalmaz alkot egy szuperhalmazt, illetve arra is van példa, hogy eddig nem összetartozónak hitt galaxisokról derül ki, hogy szuperhalmazt alkotnak. A lényeg itt az, hogy gravitációsan nem kötött rendszerről van szó, amelyet csak az jelöl ki a térben, hogy tagjai közelebb vannak egymáshoz, mint a galaxisok átlagos távolsága, ha a mintát a rendelkezésre álló teljes térfogatban egyenletesen oszتانánk el. Például a Virgo galaxishalmazt nevezhetjük Virgo szuperhalmaznak is vagy lokális szuperhalmaznak, mert a mi lokális rendszerünk (a Tejútrendszer, az Andromeda-köd s a kísérő galaxisok egyébként gravitációsan kötött rendszer) ennek tagja több más hasonló rendszerrel együtt.\*

A szuperhalmazok átlagos mérete 30—100 Mpc, míg egy galaxishalmaz átlagos mérete csak tizede ennek. A szuperhalmazok mérete az egész belátható világ méretéhez képest már nem elhanyagolható, annak pár százalékát is kiteheti. Ily módon a galaxisok térbeli eloszlásának vizsgálatával egy fontos kozmológiai elv, a homogenitás feltevése empirikus vizsgálatok tár-

\* Gravitációsan kötött egy galaxishalmaz, ha tagjai a közös tömegközéppont körül keringenek. Természetesen a gravitációsan nem kötött rendszerek tagjai között is hat a gravitációs kölcsönhatás, de annak nagysága nem elegendő a rendszer szétszóródásának a megakadályozására — *A szerk.*



gyává vált. Ha a világ inhomogénnek bizonyul, a forró Ősrobbanás feltételezése kérdésessé válhat! Ezt persze nem kell sajnálni, ha véletlenül a jövőben beigazolódik, mert azért arra mindig kell gondolni, hogy esetleg a világ nem úgy fejlődött, ahogyan azt eddigi modelljeink leírják.

Fontos megfigyelési eredmény, afféle melléktermék a galaxisok térbeli szerkezetének feltérképezéséből, hogy a szuperhalmazon belüli csomók vagy a szuperhalmaz méretével körülbelül azonos kiterjedésű láncok, palacsinták gravitációsan nem kötött galaxisokból állanak. Egyelőre nem tudunk választ adni arra a jogos kérdésre, hogy ezek a jelenleg ismert legnagyobb méretű objektumok csak egy véletlenszerű eloszlás eredményei, avagy valami ősi, az Ősrobbanás után nem sokkal létrejött fluktuációk lenyomatai. Ez utóbbit úgy kell elképzelni, hogy az Ősrobbanás inflációs szakasza — ha volt — úgy fel tudott fújni például kvantumfluktuációkat, hogy azok ma már akkorák, mint egy galaxis. (A lokális rendszer, illetve a galaxishalmazok térbeli elhelyezkedésének sematikus képét lásd a 2. [fent] és a 3. színes mellékleten.)

### Viták a hiányzó tömegről

A kozmológia egyik régóta vitatott kérdése a hiányzó tömeg létezése. A fogalom onnan származik, hogy a galaxishalmazokban túlteng a mozgás, ha stacionárius képződményeknek tételezzük fel őket. Kicsit pontosabban fogalmazva: a kinetikus energia számottevő túlsúlyban van a gravitációs potenciális energiához képest. Hogy egyensúlyba kerüljön a kettő, sokkal több anyagot kell föltételeznünk, mint amennyit világító anyagként, csillagként és csillagközi anyagként látunk.

Sok javaslat hangzott már el a hiányzó tömeg fajtájáról; fekete és barna törpéktől a véges nyugalmi tömeggel bíró neutrínóig már sok mindent feltételeztek. Egy kérdést azonban következetesen kikerültek a vizsgálatok: hátha nem is létezik a probléma, mert a galaxishalmazok nem stacionárius állapotban vannak. Pedig ezt a lehetőséget, a galaxishalmazok dinamikus modelljét már az ötvenes években is többen felvetették, például V. A. Ambarcumjan, G. de Vaucouleurs.

A hiányzó tömeg kutatásában a következő elmés vizsgálatot végezte el J. A. Tyson, a Bell Laboratórium munkatársa. Automatikus képfeldolgozás segítségével tanulmányozta 27 802 galaxis 63"-es környezetét; keresett olyan torzulásokat a távoli galaxisok képében, amelyet gravitációs lencseként idézne elő a képmezőben levő közelebbi galaxis. Ily módon a galaxisok tömegét meg tudta becsülni, s végkövetkeztetése az volt, hogy nincs számottevő rejtett tömeg, azaz a galaxisok tömege mind világító anyagként van jelen.

Ez az eredmény szemben áll azzal a korábbi, több más szerzőtől származó eredménnyel, mely szerint a galaxisok rotációs görbéi számottevő rejtett

tömegre utalnak. Ide tartozó megfigyelési tény az is, hogy a Nap környezetében semmi nyoma nincs a rejtett tömegnek, akár hideg gáz, akár hideg égitestek formájában.

Összegezve a dolgokat azt mondhatjuk, hogy a rejtett tömeg léte kérdéses, s a most ismertetett eredmény inkább a nemlétére utal. Abban pedig sokakkal egyet lehet érteni, hogy diszkutálni akkor kell a rejtett tömeg következményeit, ha létéről már meggyőződünk. Amíg a rejtett tömeg létéről meg nem győződünk, addig lehet, hogy a galaxishalmazok problémája nem a rejtett tömeg problémája, hanem inkább a hiányzó dinamikus modellek problémája.

### Az intergalaktikus űrök statisztikája

Pár éve még nagy feltűnést keltett az a felfedezés, hogy a világ nincs egyenletesen kitöltve a galaxisokkal. Lassan megbarátkoztunk azzal, hogy a galaxisok eloszlásában nagy léptékű alakzatok ismerhetők fel: csomók, vonalak, palacsinták, s mi több, ezek között űrök léteznek, amelyekben nem vagy alig van valami galaktikus anyag. Sőt újabban kezd polgárjogot nyerni ismereteink között, hogy intergalaktikus gázfelhők is léteznek, amelyek ráadásul igen forrók. Kezdjük belátni, hogy lényegében nem létezik az a kozmikus szubsztrátum, ami a homogén és izotróp világmodellek szerint egy gázzal mutat rokonságot, csak éppen a gáz atomjainak a galaxisok felelnek meg.

A. Soltan lengyel csillagász a Harvard-Smithsonian Center for Astrophysics vöröseltolódás-katalógusa alapján vizsgálta az intergalaktikus űrök statisztikáját. Űrnek azt a térrészt nevezte, amelynek  $R$  sugarán belül nem ismeretes galaxis. Mérései szerint ezen  $R$  nagyobbak bizonyult, mint véletlenszerű eloszlás esetén várható volna, amikor az űrök oka csak statisztikus fluktuáció lenne. Ezenkívül azt is megállapította, hogy az űrök körüli galaxisok eloszlása semmiféle sűrűsödést nem mutat, azaz nem veszi körül sűrűbb héj az űröket. Tehát nem arról van szó, hogy az űröket például valami gigantikus robbanás hozta létre, egyszerűen csak úgy, hogy kisöpörte a galaxisokat az adott térrészből. A galaxisok eloszlása ugyanolyan az űrök határán, mint más helyeken egy szuperhalmazban, ahol nincs űr. Egyetlen gyanús jelet talált: mintha az űrök határán levő galaxisok vöröseltolódásában csekély többlet volna, de a minta kicsisége miatt statisztikailag igen bizonytalan ez az állítása is. Ha a gyanús jel statisztikailag igazolhatóvá válik, az űrök léte válhat kérdésessé, mert a nem Doppler-eredetű vöröseltolódás, azaz a többlet a vöröseltolódásban meghamisíthatja a távolságadatot, s a helyesbített távolságadat esetleg éppen a feltételezett űrbe helyezi a galaxist, s ezáltal az megszűnik űr lenni. Mindenesetre napirenden tartják a kérdést, s a galaxisokra vonatkozó vöröseltolódás-értékek szaporodásával vissza fognak térni rá.

Érdeemes talán itt még megemlíteni, hogy ez a munka, mint sok más

érdekes munka is, azért lett elvégezhető, mert az elektronikus képfeldolgozó hihetetlenül meggyorsították az észlelési anyag gyűjtését. Emellett lehetővé tették a megfigyelések számítógépes feldolgozását is; a számítógép pillanatok alatt olyan számú egészen különféle feltevés következményeit jeleníti meg például egy képernyőn, amire a korábbi feldolgozási módok mellett gondolni sem lehetett. A számítógép tehát azok kenyerét elvette, akik a gépet alkalmazni nem tudták, azokét pedig megszaportította, akik tudtak élni az új lehetőséggel.

### Fekete lyuk a Tejútrendszer közepében?

Erről a témáról már sokat írtak, de most mégis sikerült újat nyújtani benne egy hat főből álló rádiócsillagász-csoportnak. Igen nagy bázisvonalú interferométerrel (VLBI) megfigyelték a Tejútrendszer centrumát, pontosabban abban a Sgr A\* rádióforrást. Ez a forrás azért viseli a Sgr A\* megjelölést, mert egy igen kompakt forrás a Sgr A-n belül; először 1974-ben észlelték.

A most publikált 1983-as észlelés szerint a forrás 1,35 cm-es hullámhosszon 0,002 átmérőjű, ami a galaktikus centrum távolságában 20 cs. e.-nek felel meg. Ugyanakkor 3,6 cm-es hullámhosszon a forrás ellipszoid alakú, a nagytengely 0,015, és 8°-nyira hajlik a Tejútrendszer forgási síkjához képest, a kistengely pedig kb. 0,008 (160 × 80 cs. e.). A luminozitás rádióartományban  $2 \times 10^{34}$  erg/s (a Nap teljes luminozitásának tízszerese), s a forrás hőmérséklete kb.  $7 \times 10^8$  K, már amennyire van értelme erről beszélni egy olyan híg anyagban, ahonnan a rádiósugárzás jön, mert nem termikus forrásról van szó. Ugyanez a forrás infravörösben igen fényes, infravörös és látható fénybeli luminozitása kb.  $10^{40}$  erg/s ( $10^7 L_{\odot}$ ). A kompakt forrás környékéről 750 km/s sebességgel anyag áramlik ki, s megfigyelhető ott a pozitronium is, ami egy elektronból és pozitronból összetevődő rendszer, és az annihiláció miatt igen rövid életű képződmény, tehát állandóan újra kell termelődnie. Koncentrált kisugárzás, anyagiáramlás és egzotikus atomok jelenléte, s mindez egy akkora térfogatból, ami a Szaturnusz pályájának átmérőjével jellemezhető — ilyenkor fekete lyukra gondolhatunk, mert két másik szerző  $3 \times 10^6$  naptömegnyinek becsülte a forrás tömegét.

Ha van ilyen nagy tömegű fekete lyuk a Sgr A-ban, akkrécióval — anyagráhullással — az előbb felsorolt jelenségek jól megmagyarázhatók. A fekete lyuk közelében uralkodó hatalmas árapályerők hevithetik fel  $10^9$  fokra az anyagot úgy, hogy még  $e^-e^+$  párkeltésre is sor kerül.

Szétnézve környékünkön azt látjuk, hogy más galaxisok magjában is gyanítanak fekete lyukat vagy valami egyéb nagy tömegű, aktív zónát. Az M 32-ben, az Andromeda-köd törpe kísérőjében a centrum körüli sebességeloszlásból gyanítanak egy  $5 \times 10^6$  naptömegű galaxismagot. A centrum körüli objektumok nem radiális sebességét becsülték meg a centrumtól mért

távolság függvényében, s ebből — Kepler-pályát feltételezve — adódott a centrum tömege. Ugyanez a módszer az M 87-ben nem mutatott olyan centrális sűrűsödésre, galaxismagra, amelyről feltételezni kellene, hogy nagy tömegű, kompakt égitest. Figyelemre méltó az egyezés a Tejútrendszer és az M 32 magjának tömegére, noha igen különböző típusú galaxisok. Mindazonáltal a bizonytalanság igen nagy, s ez nyilván további észlelésekre és számításokra fog ösztönözni, amelyek talán a közeli jövőben kimondják a végső szót a kérdésben.

## Üstökösök 1985-ben

Az év sztárja kétségkívül a Halley-üstökös (1982i), amelyről itt most nem számolunk be, hanem csak az 1985-ben felfedezett üstökösöket ismertetjük.

### 1985a *Periodikus üstökös Ashbrook-Jackson*

Március 20,66322 UT,  $\alpha_{1950} = 19^{\text{h}} 15^{\text{m}} 42^{\text{s}}.09$ ,  $\delta_{1950} = -34^{\circ} 23' 9''.4$ ,  $m = 18$ . A. C. Gilmore és P. M. Kilmartin találta meg közel ahhoz a pozícióhoz, amelyet E. I. Kazimircsák-Polonszkája számított ki 1982-ben. Július 25-én  $12^{\text{m}}.5$  a fényessége.

### 1985b *Periodikus üstökös Russell 1*

Április 9,23887 UT,  $\alpha_{1950} = 10^{\text{h}} 22^{\text{m}} 19^{\text{s}}.04$ ,  $\delta_{1950} = -25^{\circ} 10' 36''.3$ ,  $m = 19,5$ .

J. Gibson találta meg a Palomar-hegyi 1,5 m-es reflektorral, 8—10" átmérőjű volt ekkor a kóma.

### 1985c *Periodikus üstökös Honda—Mrkos—Pajdusakova*

Április 18,9 UT,  $\alpha_{1950} = 0^{\text{h}} 12^{\text{m}}$ ,  $\delta_{1950} = -0^{\circ}.9$ ,  $m = 11$ .

M. Clark, A. Pearce és J. Athanasou fedezte fel vizuálisan egy 40 cm-es reflektorral.

### 1985d *Periodikus üstökös Tsuchinshan 2*

Április 10,16944 UT,  $\alpha_{1950} = 4^{\text{h}} 3^{\text{m}} 38^{\text{s}}.74$ ,  $\delta_{1950} = +22^{\circ} 54' 37''.2$ ,  $m = 22$ .

J. Gibson készítette róla az első felvételt az 1,6 m-es reflektorral a Palomar-hegyen, CCD kamerával.

### 1985e *Comet Machholz*

Május 27,4674 UT,  $\alpha_{1950} = 0^{\text{h}} 46^{\text{m}}.9$ ,  $\delta_{1950} = +15^{\circ} 8'$ ,  $m = 9,5$ .

Donald E. Machholz fedezte fel vizuálisan.

**1985f Comet Hartley**

Június 13,381414 UT,  $\alpha_{1950} = 11^{\text{h}} 45^{\text{m}} 26^{\text{s}}$ ,  $\delta_{1950} = +4^{\circ} 37',5$ ,  $m = 16$ .  
M. Hartlley fedezte fel az Egyesült Királyság 1,2 m-es Schmidt-teleszkópjával.

**1985g Periodikus üstökös Giclas**

Június 22,38646 UT,  $\alpha_{1950} = 0^{\text{h}} 53^{\text{m}} 11,05$ ,  $\delta_{1950} = -0^{\circ} 36' 55,6$ ,  
 $m = 20$ .

E. Everhart találta meg egy 0,4 m-es reflektorral készített felvételen.

**1985h Periodikus üstökös Whipple**

Július 10,3030736 UT,  $\alpha_{1950} = 21^{\text{h}} 56^{\text{m}} 46,47$ ,  $\delta_{1950} = -3^{\circ} 4' 50,0$ ,  
 $m = 20$ .

J. Gibson találta meg a Palomar-hegyi 1,6 m-es reflektorral.

**1985i Periodikus üstökös Shajn—Schaldach**

Július 25,34578 UT,  $\alpha_{1950} = 20^{\text{h}} 6^{\text{m}} 22,81$ ,  $\delta_{1950} = -13^{\circ} 40' 57,6$ ,  
 $m = 19$ .

J. V. Scotti találta meg T. Gehrels által készített lemezen.

**1985j Periodikus üstökös Daniel**

Július 27,48785 UT,  $\alpha_{1950} = 6^{\text{h}} 12^{\text{m}} 40,03$ ,  $\delta_{1950} = +24^{\circ} 53' 16,0$ ,  
 $m = 20$ .

Ezt is J. Gibson találta meg.

**1985k Comet Maury**

Augusztus 16,331 UT,  $\alpha_{1950} = 21^{\text{h}} 50^{\text{m}} 1$ ,  $\delta_{1950} = -1^{\circ} 31'$ ,  $m = 16$ .  
Alain Maury fedezte fel a Palomar-hegyi 1,2 m-es Schmidt-távcsővel készített lemezen, amelyet J. Schombert exponált.

**1985l Comet Hartley—Good**

Szeptember 11,69045 UT,  $\alpha_{1950} = 1^{\text{h}} 11^{\text{m}} 54,1$ ,  $\delta_{1950} = -27^{\circ} 30',2$ ,  
 $m = 12$ .

M. Hartlley és C. Good fedezte fel az Egyesült Királyság 1,2 m-es Schmidt-reflektorával.

**1985m Comet Thiele**

Október 9,19097 UT,  $\alpha_{1950} = 5^{\text{h}} 55^{\text{m}} 18,1$ ,  $\delta_{1950} = +21^{\circ} 14',6$ ,  $m = 13$ .  
U. Thiele fedezte fel a Calar Altón működő hamburgi Schmidt-távcsővel készített lemezen.

**1985n** *Periodikus üstökös Boethin*

Október 11,39899 UT,  $\alpha_{1950} = 19^{\text{h}} 0^{\text{m}} 21;27$ ,  $\delta_{1950} = -28^{\circ} 55' 29''$ ,  
 $m = 15$ .

A. C. Gilmore és P. M. Kilmartin találta meg egy 25 cm-es asztrográffal készített felvételen.

**1985o** *Periodikus üstökös Kojima*

Október 19,49512 UT,  $\alpha_{1950} = 7^{\text{h}} 51^{\text{m}} 49;12$ ,  $\delta_{1950} = +20^{\circ} 7' 35;8$ ,  
 $m = 20$ .

T. Gehrels és J. V. Scotti találta meg egy 91 cm-es automatikus távcsővel készített felvételen.

**1985p** *Periodikus üstökös Cifreo*

November 8,80729 UT,  $\alpha_{1950} = 4^{\text{h}} 32^{\text{m}} 32;16$ ,  $\delta_{1950} = +23^{\circ} 36' 39''$ ,  
 $m = 13$ .

12 csillagász szinte egy időben találta meg.

**1985q** *Periodikus üstökös Wirtanen*

November 13,43486 UT,  $\alpha_{1950} = 21^{\text{h}} 12^{\text{m}} 39;83$ ,  $\delta_{1950} = -29^{\circ} 11' 52;1$ ,  
 $m = 19$ .

A. C. Gilmore és P. M. Kilmartin találta meg.

## PULZÁLÓ VÁLTOZÓCSILLAGOK PERIÓDUSMEGHATÁROZÁSA

Az amatőr csillagászok közül nagyon sokan foglalkoznak hosszú periódusú pulzáló változócsillagok megfigyelésével. Szorgalmas és összehangolt munkájuk eredményeképpen évtizedeket átölelő, folytonos adatsorozatok születtek számos félig szabályos és Mira típusú csillagról. A fényváltozás egy vagy több periódusa ismeretében nagyon értékes következtetésekre lehet jutni. A periódusból meghatározható a csillag sok fizikai jellemzője a periódus—abszolút fényesség relációkon keresztül. Ha a fényesség egyszerre több periódussal változik, akkor a periódusok aránya a csillag pulzációjának tulajdonságaira utal. A nagyon hosszú időn át történő megfigyelés pedig lehetővé teszi a periódusváltozás elemzését, amely a csillagfejlődésről ad döntő fontosságú információkat.

Látható, hogy a periódus pontos ismerete kulcskérdés. Mivel a pulzáló vörös óriások körében a teljesen szabályos fényességváltozás — amikor a fénygörbéből szinte ránézéssel megadható a periódus hossza — igen ritka, nem is egyszerű a ciklus megállapítása. Ezért matematikai módszerekhez kell fordulnunk, melyeket személyi számítógép segítségével alkalmazva megtalálhatjuk az esetleges rejtett periodicitásokat is. Ezzel a cikkel a számítógépes amatőröknek szeretnénk segítséget nyújtani adataik feldolgozásához.

### A pulzáló változócsillagokról általában

A csillagok fényessége időbeli változásának geometriai vagy fizikai oka lehet. A fizikai változók közé az eruptív, a kataklizmikus, a foltos és a pulzáló csillagok tartoznak. Utóbbiak esetében a forró gázzömb jelentős részének lüktető, pulzáló mozgása okozza a fizikai jellemzők, így az összfényesség változását is.

Az 1. táblázatban összefoglaltuk a pulzáló csillagok típusait és főbb jellemzőit. Feltüntettünk két új csoportot is. Az 53 Perseiről elnevezett, a  $\beta$  Cephei változókhöz hasonló B színképtípusú csillagokat, amelyeknél a fényesség alig, a színképvonalak alakja viszont erősen változik. A csupán

1. táblázat

## A pulzáló változócsillagok

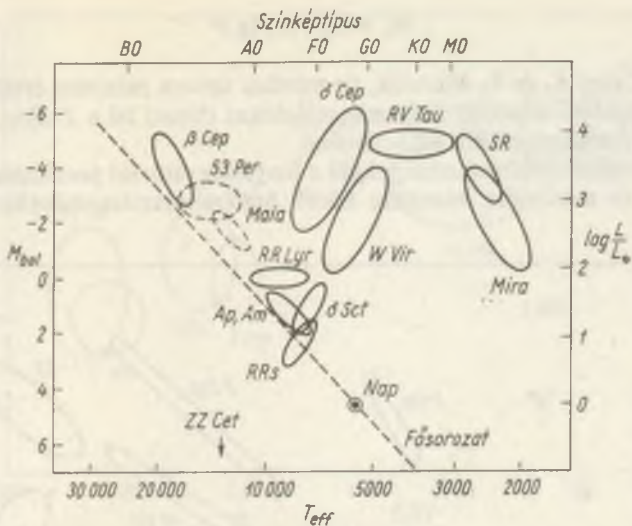
Típus	Periódus-tartomány	Jellemző periódus	Amplitúdó	Populáció	Színkép-osztály	$M_V$	
Mirák	100 <sup>d</sup> —700 <sup>d</sup>	270 <sup>d</sup>	3 <sup>m</sup> —10 <sup>m</sup>	I. és II.	Me, Re, Ne, Se	+1	-2
SR fél szab.	100 <sup>d</sup> —200 <sup>d</sup>	100 <sup>d</sup>	1 <sup>m</sup> —4 <sup>m</sup>	I. és II.	K, M, N, R, S	-1	-3
RV Tau	20 <sup>d</sup> —150 <sup>d</sup>	75 <sup>d</sup>	1 <sup>m</sup> —4 <sup>m</sup>	II.	G, K	-3	-4
W Vir	2 <sup>d</sup> —45 <sup>d</sup>	12 <sup>d</sup> —20 <sup>d</sup>	1 <sup>m</sup> —2 <sup>m</sup>	II.	F2—G6	0	-3
$\delta$ Cep	1 <sup>d</sup> —50 <sup>d</sup>	5 <sup>d</sup> —10 <sup>d</sup>	0 <sup>m</sup> 2—2 <sup>m</sup>	I.	F6—K2	-1	-6
RR Lyr	1 <sup>h</sup> 5—24 <sup>h</sup>	12 <sup>h</sup>	0 <sup>m</sup> 7—1 <sup>m</sup> 8	II.	A2—F6	+0,5	0
RRs* törpe cef.	1 <sup>h</sup> —4 <sup>h</sup>	2 <sup>h</sup>	0 <sup>m</sup> 3—1 <sup>m</sup>	I. SX Phe II.	A2—F2	+3	+1
$\delta$ Sct*	1 <sup>h</sup> —3 <sup>h</sup>	2 <sup>h</sup>	0 <sup>m</sup> 02—0 <sup>m</sup> 3	I.	A2—F5	+3	+1
$\beta$ Cep	4 <sup>h</sup> —6 <sup>h</sup>	5 <sup>h</sup>	0 <sup>m</sup> 02—0 <sup>m</sup> 25	I.	B1—B2	-3,5	-4,5
53 Per profil vált.	3 <sup>h</sup> —48 <sup>h</sup>	10 <sup>h</sup>	0 <sup>m</sup> 02—0 <sup>m</sup> 1	I.	O8—B5	0	-3
Ap, Am gyors oszc.	0 <sup>h</sup> 1—1 <sup>h</sup>	0,2 <sup>h</sup> :	0 <sup>m</sup> 01—0 <sup>m</sup> 03	I.:	Ap, Am	+2	0
ZZ Cet	200 <sup>s</sup> —1000 <sup>s</sup>	500 <sup>s</sup> :	0 <sup>m</sup> 01—0 <sup>m</sup> 3	I.:	A5—F5:	+15	+10

\* Az RR<sub>s</sub> és  $\delta$  Sct csoport megkülönböztetése (az amplitúdók miatt) egyre kevésbé tűnik indokoltnak.

tíz éve felfedezett „gyorsan oszcilláló” Ap csillagok (különleges elemgyakoriságúak) periódusa csak néhány perces, és amplitúdójuk ezred magnitúdós. Egyre tágul a hasonló jelenséget mutató F5—G5 késői színképosztályú csillagok köre is, a Napon kívül az  $\alpha$  Cen és az  $\alpha$  CMi esetében is sikerült kimutatni ilyen „csillagregéseket”. Megszületett a csillagszeizmológia, az asztrofizika jelenleg egyik leggyorsabban fejlődő fejezete.

A pulzáló változócsillagok fontosabb adatai a Hertzsprung—Russell-





1. ábra. Pulzáló változócsillagok a Hertzsprung—Russell-diagramon

diagramról szintén leolvashatók (1. ábra): az effektív hőmérséklet, illetve a színképtípus, valamint az abszolút bolometrikus magnitúdó, illetve a Naphoz viszonyított luminozitás logaritmusa. A fősoorozat alatt csak a törpecefeidák (RRs) egy része és a ZZ Ceti típusú fehér törpék találhatóak.

Feltűnő a  $\beta$  Cephei és a  $\delta$  Scuti csillagok éles elkülönülése, annak ellenére, hogy sok tekintetben hasonló a fényváltozásuk. Régóta keresnek változókat a köztük levő B3—A3 színképtartományban. A pleiadokbeli Maia (B7 III) és még néhány korai csillag kismértékű fényességváltozása alapján megtalálni vélték az átmeneti típust, de az újabb vizsgálatok szerint a Maia típus nem létjogosult. Ezek a csillagok inkább a nemradiálisan pulzáló 53 Persei csoport hidegebb tagjainak tekinthetők.

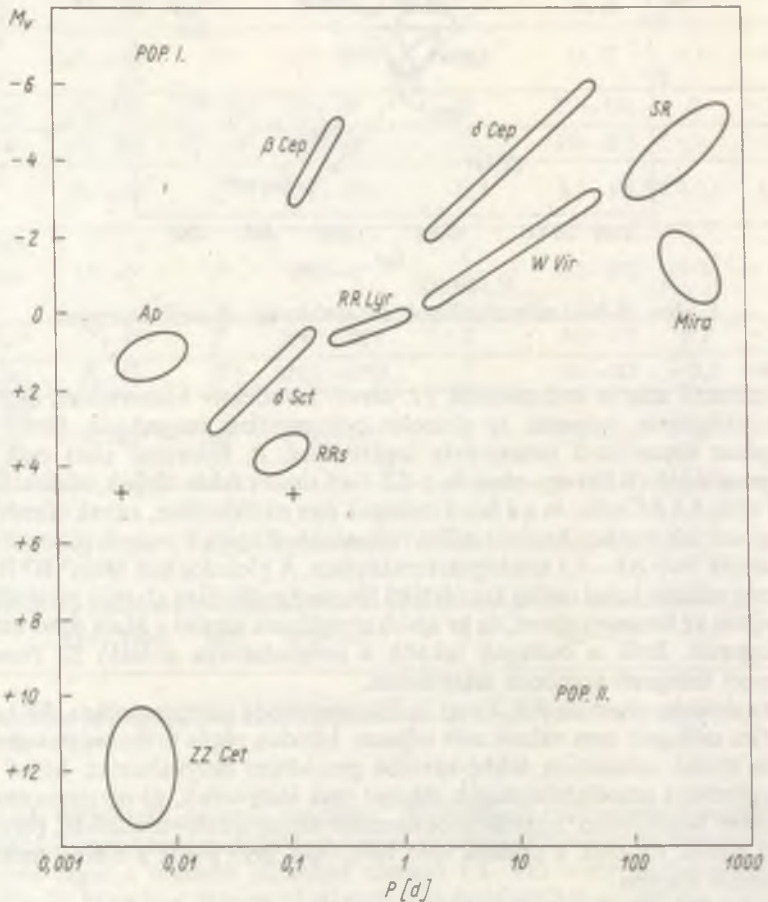
Az óriáság végén az RV Tauri, a félig szabályos (szemireguláris, SR) és a Mira csillagok nem válnak szét teljesen. Minden vörös óriás vagy szuperóriás mutat valamilyen többé-kevésbé periodikus fényváltozást. Mivel a fénygörbén a szabálytalanságok sokszor csak átmenetiek, az osztályozásuk nehéz és bizonytalan. Legtöbbször formális szempontok (amplitúdó, periódus) szerint történik a típusba való besorolás, nem pedig a csillag fizikai jellemzői alapján.

A pulzáló változó periódusának hossza lényegében a csillag luminozitásától, színétől, tömegétől és a pulzáció fajtájától (módusától) függ. A megfigyelések típusonként eltérő pontosságú összefüggésekre utalnak a periódus és az abszolút vizuális fényesség között

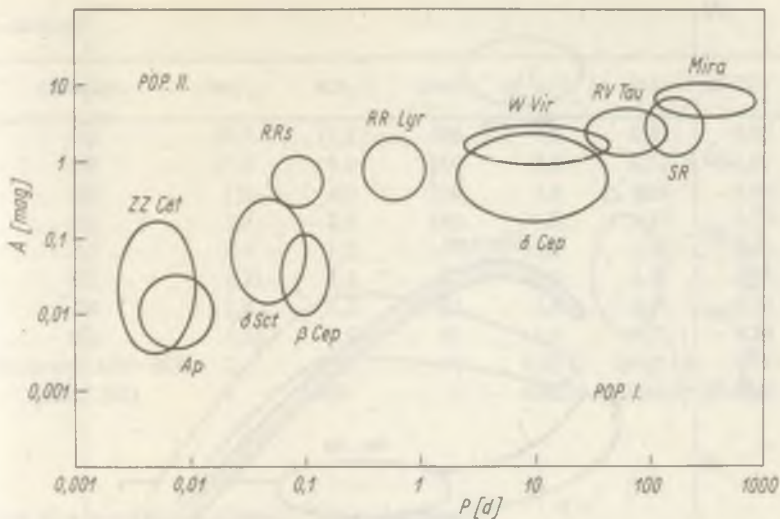
$$M_v = k_1 + k_2 \lg P$$

alakban, ahol  $k_1$  és  $k_2$  állandók, de minden típusra más-más értékűek. Az ilyen periódus—abszolút fényesség relációkat tünteti fel a 2. ábra, amelyet érdemes összehasonlítani az 1. ábrával.

A különféle felépítésű csillagoknál a fényességváltozás periódusa és amplitúdója (a maximális intenzitás körüli hullámhossztartományban) széles



2. ábra. Periódus—fényesség relációk. A két kereszt a Nap 5 és 160 perces oszcillációjára utal



3. ábra. Összefüggés a periódus és az amplitúdó között

skálán mozog. Általában a rövid és stabil periódushoz kis amplitúdó tartozik, míg a hosszabb és szabálytalanabb fényváltozási ciklus nagy amplitúdóval történik (3. ábra).

Mint minden csillag, a pulzáló változók is két nagy csoportba oszthatók koruk szerint:

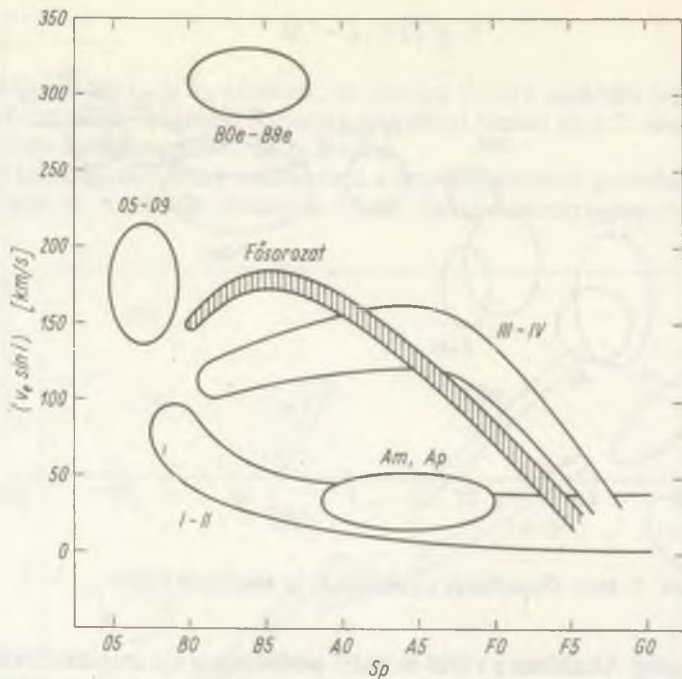
$$10^7 \text{ év} < t < 10^9 \text{ év} \quad \text{I. populáció}$$

$$t > 10^9 \text{ év} \quad \text{II. populáció}$$

A pontosabb felosztás alapján megkülönböztetünk halo II., közbülső II., korong, öregebb I. és extrém I. populációkat. Újabban a nagyon idős csillagok esetében III. populációt is emlegetnek.

A pulzáló változók eloszlása a Tejútrendszerben jól tükrözi korukat. Az idősebb csillagoknak a galaxisunk fősíkjától való távolsága nagy, fémtartalmuk pedig igen csekély. Térbeli mozgásuk, a Naphoz viszonyított sebességük sokkal nagyobb, mint a fiatalabb populációknál. A bennünket most különösen érdeklő SR és Mira csillagok szinte minden populációban megtalálhatók. Néhány SRc szuperóriás alig pár millió éves, míg sok Mira öregebb tízmilliárd évnél.

Ejtsünk még néhány szót a csillagok tengely körüli forgásáról. A rotáció miatt a színeképvonalak kiszélesednek, így a spektroszkópia segítségével a



4. ábra. A csillagok látóirányú forgási sebessége a színkép- és luminozitási osztály függvényében

forgás sebessége, pontosabban a  $v_e \sin i$  látóirányú komponense mérhető ( $v_e$  az egyenlítői kerületi sebesség,  $i$  pedig a csillag forgástengelyének a látóiránnyal bezárt szöge). A 4. ábrán ennek a színképosztálytól és a luminozitási osztálytól való függése látható.

A vörös óriások és szuperóriások nagyon lassan forognak. Adataikat — tömeg, sugár, valamint a forgás sebessége, szögsebessége, frekvenciája és periódusa — a főszorozati csillagokhoz viszonyítva a 2. táblázat tünteti fel.

Ahhoz, hogy egy csillag a rotáció miatt ne essen szét, teljesülnie kell annak, hogy a centrifugális gyorsulás a csillag felszínén kisebb legyen, mint a gravitációs gyorsulás:

$$\frac{v_e^2}{R} \leq G \frac{M}{R^2},$$

2. táblázat

Színképtípus	$M(M_{\odot})$	$R(R_{\odot})$	$v_e(\text{km/s})$	$\omega \left( 10^{-5} \frac{1}{s} \right)$	$f(1/d)$	$P(d)$
O5	39,5	17,2	190	1,5	0,21	4,85
B0	17,0	7,6	200	3,8	0,52	1,91
B5	7,0	4,0	210	7,6	1,04	0,96
A0	3,6	2,6	190	10,0	1,37	0,73
A5	2,2	1,7	160	13,0	1,79	0,56
F0	1,75	1,3	95	10,0	1,37	0,73
F5	1,4	1,2	25	3,0	0,41	2,42
G0	1,05	1,04	12	1,6	0,22	4,55
(fősorozat) M0—M8	2	200	10	0,0072	0,001 15	873
(Mira, SR)	1	400	5	0,0018	0,000 25	4040

ahol  $G$  a gravitációs állandó. Más alakban:

$$v_e \leq 440 \sqrt{\frac{M/M_{\odot}}{R/R_{\odot}}}$$

A vörös óriások ( $M \approx 1 M_{\odot}$ ,  $R \approx 400 R_{\odot}$ ) így legfeljebb mintegy 20 km/s egyenlítői sebességgel foroghatnak.

Általában a radiális pulzáció periódusa a rotáció periódusának az I. populációnál harmada—tizede, a II. populációnál csak körülbelül százada. A csillagok forgása erősen befolyásolhatja a pulzációt, különösen akkor, ha a forgástengely nem esik egybe a mágneses tér tengelyével („ferde rotátor”). A hosszú rotációs periódus ilyenkor kimutatható az amplitúdó változásában, például ezzel magyarázható a Blazsko-effektus az RR Lyrae csillagok esetében.

### Periódusmeghatározási módszerek

A csillagok fénygörbéjében előforduló periodicitások kimutatására számos technikai eljárás született. Ezeket a matematikai módszereket három nagyobb csoportba oszthatjuk:

1. harmonikus (szinusz- vagy koszinuszfüggvényeket tartalmazó) polinomok illesztése a legkisebb négyzetek módszerével;
2. fázisdiszperzió-módszer;
3. a spektrálanalízis nemlineáris eljárásai (például maximumentrópia-módszer).

A 3. módszer csak akkor alkalmazható, ha az adatok egyenlő időközönként követik egymást, azaz ekvidisztans adatsor áll rendelkezésre. Mivel a gyakorlatban az észlelések között kisebb-nagyobb ürök vannak, ezzel a módszerrel nem foglalkozunk.

A legtöbbször használt perióduskereső eljárások-kidolgozása a következő kutatók nevéhez fűződik: Barning (1963), Lafler—Kinman (1965), Jurkevich (1971), Gray—Desikachary (1973), Deeming (1975), Stellingwerf (1978), Renson (1978), Pelt (1980), Kurtz (1985). Az utóbbi időben számos olyan vizsgálat történt, amely ezeket a különböző periódusmeghatározó technikákat összehasonlítja. Matematikailag bizonyítható, hogy a legkisebb négyzetek módszere, a Fourier-analízis és a fázisdiszperzió-módszer lényegében ekvivalens egymással, ugyanarra az eredményre vezet. Kisebb eltérések csak akkor adódnak, ha nagyon kevés a megfigyelési adat vagy igen bonyolult és szabálytalan a fénygörbe.

### A Fourier-analízis

Jean Baptiste Joseph de Fourier francia matematikus már 1822-ben bebizonyította, hogy minden periodikus függvény felbontható különböző amplitúdójú és fázisú harmonikus rezgések összegére. Az  $f(t)$  függvény  $P$  szerint periodikus, ha  $f(t) = f(t + n \cdot P)$ , ahol  $n$  egész szám. A Fourier által megfogalmazott tétel az alábbi formulával írható le:

$$f(t) = \sum_{k=0}^{\infty} (a_k \cos \omega_k t + b_k \sin \omega_k t),$$

vagy az  $A_k = \sqrt{a_k^2 + b_k^2}$  és  $\varphi_k = \arctg \frac{b_k}{a_k}$  helyettesítéssel

$$f(t) = \sum_{k=0}^{\infty} A_k \cos(\omega_k t + \varphi_k).$$

A  $k$ -edik rezgés  $\omega_k$  szögfrekvenciája,  $f_k$  frekvenciája és  $P_k$  periódusa között fennáll:

$$\omega_k = 2\pi f_k = \frac{2\pi}{P_k}.$$

Ilyen, ún. Fourier-sorokkal közelítjük a csillagok időben változó fényességét is. A fénygörbe menete és az  $a_k$ ,  $b_k$  együtthatók között szoros összefüggés van. Célunk a fényváltozást legjobban leíró rezgéskomponensek  $A$  amplitúdójának és  $\varphi$  fázisának meghatározása.

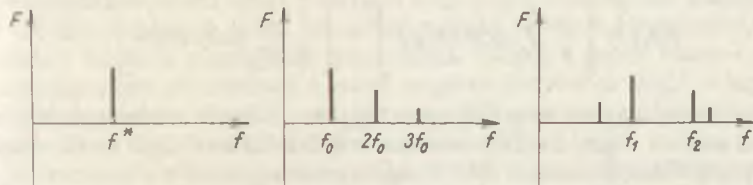
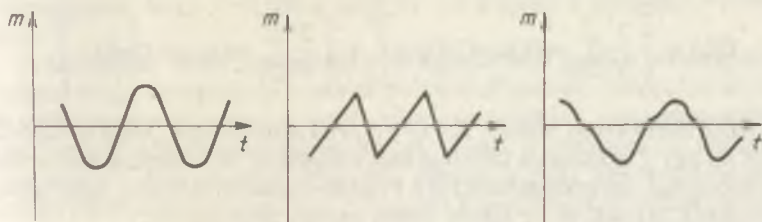
Periodikus  
 $m(t) = m(t+P)$   
 $P = 1/f$

$$m(t) = A \sin 2\pi f^* t$$

$$m(t) = A_1 \sin 2\pi f_0 t + A_2 \sin 2\pi 2f_0 t + \dots$$

Majdnem  
 periódikus  
 $f_1 \neq n f_2$

$$m(t) = A_1 \sin 2\pi f_1 t + A_2 \sin 2\pi f_2 t + \dots$$



$$F[f] = A \delta[f - f^*]$$

$$F[f] = A_1 \delta[f - f_0] + A_2 \delta[f - 2f_0] + \dots$$

$$F[f] = A_1 \delta[f - f_1] + A_2 \delta[f - f_2] + \dots$$

5. ábra. Időben változó függvények és frekvenciaspektrumuk

A Fourier-analízis olyan matematikai eljárás, amely függvények időtartományból frekvenciatartományba és viszont való átalakítását teszi lehetővé. Egy függvény egyik leírási tartományból egy másikba történő átalakítását transzformációnak nevezzük, ezért esetünkben Fourier-transzformációról beszélünk.

Az 5. ábrán felül három, időben változó  $m(t)$  függvény látható, az alsó sorban pedig ezeknek a Fourier-transzformáltja, illetve a frekvencia függvényében az amplitúdó. Ideális esetben, ha a görbe folytonos és időben végtelen hosszú, a frekvenciaspektrum  $\delta(f)$  ún. Dirac-delta-függvényekből áll:  $\delta(f) = 1$ , ha  $f = 0$ , egyébként  $\delta(f) = 0$ . Példánkban egy szinuszos rezgés, egy fűrészrezgés (ennek a komponensei egy alulfrekvencia egész számú többszöröseivel változó harmonikusok) és egy majdnem periodikus rezgés szerepelnek, ahol az összetevők frekvenciái nem egész számú többszöröseik egymásnak, arányuk nem racionális szám.

Legyen  $N$  darab, időben sorba rendezett megfigyelési adat: a  $t_i$  időpontokban ( $i = 1, \dots, N$ )  $m(t_i)$  a csillag fényessége magnitúdóban, melyek mindegyi-

kéből már levontuk az átlagértéket. A fénygörbében az  $f_k$  frekvenciájú rezgés amplitúdójának négyzetét, az ún. teljesítménysűrűséget — vagy ahogy az angol nyelvű szakirodalomban írják, a „power” értékét — a következő kifejezés adja meg:

$$X(f_k) = \left[ \frac{2}{N} \sum_{i=1}^N m(t_i) \cos(2\pi f_k t_i) \right]^2 + \left[ \frac{2}{N} \sum_{i=1}^N m(t_i) \sin(2\pi f_k t_i) \right]^2.$$

A teljes adatsorozat hossza:  $T = t_N - t_1$ . Azt mondhatjuk, hogy a fényváltozást mi egy  $T$  szélességű időablakban vizsgáljuk. Szükségünk lesz ennek az időablaknak (négyszögjelnek) is a Fourier-transzformáltjára, amit spektrálablaknak hívunk, és az alábbi képlet szerint számolható:

$$Y(f_k) = \left[ \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \cos(2\pi f_k t_i) \right]^2 + \left[ \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \sin(2\pi f_k t_i) \right]^2.$$

Mivel a valóságban nem folytonos függvény a mérés eredménye, hanem egyedi pontok véges, diszkrét sorozata, a spektrális felbontást az ún. diszkrét Fourier-transzformáció (DFT) segítségével végezzük el.\*

A periódusmeghatározás abból áll, hogy egy frekvenciatartományban kiszámítjuk a powerspektrumot, azaz sok, a várt periódus körüli próbafrekvenciára megnézzük a hozzá tartozó rezgés amplitúdójának négyzetét. Ezeket ábrázolva a frekvencia függvényében, jellegzetes, csúcsokkal rendelkező képet kapunk. A csúcsok helye megadja a frekvenciát, magassága az amplitúdót.

Három nagyon fontos dologra felhívjuk a figyelmet. Az egyik a frekvenciatartomány megválasztása. A legkisebb, kezdő próbafrekvencia (legnagyobb periódus) értéke akármilyen kicsi lehet, azonban a maximális frekvenciára korlátot szab a megfigyelési pontok közötti időbeli távolság:  $\Delta t$ . Ez az érték  $f_{\max} = \frac{1}{2 \Delta t}$  lehet, aminek neve is van, Nyquist-frekvenciának hívjuk. Tehát ha 10 naponként van fényességadatunk, akkor  $f_{\max} = 0,05$  ciklus/nap, azaz  $P_{\min} = 20$  nap. A powerspektrum-függvény  $2 f_{\max}$  szerint periodikus, így az  $f_{\max}$  értékénél nagyobb frekvenciákra nem szabad kiszámolni, hisz új információ nélküli ismétlődéshez jutnánk.

A másik lényeges dolog a pontossága a periódusoknak, ami a csúcsok félértékszélességével jellemezhető. Minél hosszabb az adatsorozat, annál élesebbek, keskenyebbek a powerspektrumban levő csúcsok. Ha például

\* Hesselman N.: *Digitális jelfeldolgozás*. Műszaki Könyvkiadó, Bp., 1985.



$T = 5000$  nap, akkor  $\Delta f = \frac{1}{2T} = 0,0001$  c/d a fél szélességük, és ennek körülbelül az ötöde a frekvenciameghatározás pontossága. Ez azt jelenti, hogy amennyiben  $f = 0,002$  c/d-nél ( $P = 500^d$ ) van egy nagy csúcs, akkor azt mondhatjuk, hogy  $f = 0,002 \pm 0,00002$  c/d alapján a periódus  $P = 500 \pm 5$  nap.

A harmadik, talán legfontosabb és legnehezebb lépés a powerspektrum csúcsai közül kiválasztani a valódi pulzációsfényesség-változásra utalókat. A spektrumban ugyanis sok egyéb csúcs is megjelenhet, amelyeket gyűjtőnéven hamis („alias”) csúcsoknak hívunk. Ehhez a szűréshez ad segítséget a már említett spektrálablak-függvény, aminek a nulla frekvenciánál levő, 1 értékű főcsúcsa melletti minden más csúcs álperiódusok következménye. Ha az adatsor több év hosszúságú, akkor az 1 ciklus/év = 0,002 738 ciklus/nap frekvenciaközönként egyre csökkenő magasságú csúcssorozat jelenik meg a főcsúcs oldalán. A rövid periódusú pulzáló változók vizsgálatánál csak néhány tíznapos megfigyelést analizálnak. Ekkor a hamis csúcsok 1 c/d távolságonként jelentkeznek a valódi rezgések frekvenciái körül. A legjelentősebbek azok a „kísérők”, nem igazi periódust takaró maximumok, amelyek először  $3/(2T)$ , majd  $1/T$  frekvenciaközönként veszik körül a powerspektrumban a pulzációs periódushoz tartozó csúcst.  $T = 5000$  nap esetén ezek a közök 0,0003 és 0,0002 ciklus/nap. Ha a főcsúcs  $f = 0,01$  c/d ( $P = 100^d$ ), akkor a hamis csúcsok egyre kisebb magassággal mindkét oldalon 0,0003 — 0,0005 — 0,0007 — stb. távolságban jelennek meg: ... — 0,0093 — 0,0095 — 0,0097 0,0103 — 0,0105 — 0,0107 — ... Ugyanakkor a már említett 1 ciklus/év szerinti álcsúcsok helye: ... — 0,004 524 — 0,007 262 0,012 738 — 0,015 476 — ... Különösen akkor kell vigyáznunk, ha két hamis csúcs (sőt a többszörös periodicitású változók spektrumában akár több is) egyazon frekvenciára esik, mert ekkor erősítik egymást.

A periódusmeghatározás DFT-módszere kényelmesen megvalósítható személyi számítógépen, bár sok adat esetén hosszú a futási idő. A Fourier-transzformált kiszámításának van egy sokkal kevésbé időigényes módja, a „gyors Fourier-transzformáció”. Ezt a matematikai eljárást azonban nem javasoljuk, ugyanis két szigorú feltételnek kell teljesülnie az alkalmazása során. Az adatoknak egyenlő időközönként kell követnie egymást (ekvidisztans adatsor), és az összes megfigyelés száma  $2^n$  ( $n$  egész, például  $n = 8, 9, 10$ -re 256, 512, 1024) legyen. Sokkal általánosabb a nem ekvidisztans adatsor Fourier-analizise, melynek módszerét most Deeming (1975) és Kurtz (1985) munkája alapján ismertetjük.

## A program

Cikkünkben megadunk egy BASIC nyelven írt számítógépprogramot a pulzáló változócsillagok adatfeldolgozásához. A program Commodore 64-es gépre készült, és felhasználja a Simons Basic bővítést, amely hazánkban már széleskörűen elterjedt. A grafikus és nyomtatóutasítások átírásával könnyen átültethető más típusú számítógépre.

A program három nagyobb részből áll: Fourier-analízis, Fourier-szintézis és fázisdiagram-készítés. Az összetartozó  $N$  darab idő (Julián-dátumban) és magnitúdó értékpárt DATA sorokban adjuk meg, és a  $T$ , illetve  $F$  tömbökbe olvassuk be.  $QQ$  az átlagos fényesség, amit a számítások során majd le kell vonni minden egyes megfigyelési adatból. A  $T\emptyset$  epocha, ami például az első észlelési időpont lehet, az időadatokhoz hasonlóan 2 440 000-rel csökkentett JD-ban adandó meg.

Az első lépés az analízis. Megadjuk a próbafrekvenciák számát, a kezdőértéket és a lépésközt (ügyeljünk a korábbi intelmekre!). A diszkrét Fourier-transzformáció (DFT) a 3000—3090 sorok közötti szubrutinban található. A powerspektrum az  $X$ , a spektrálablak az  $Y$  tömbbe kerül. A powermaximumokat, a csúcsokat külön meghatározzuk, majd a legnagyobb ismeretében megválasztjuk a függvény skálázását. A 2100—2150 szubrutinban ábrázoljuk a nagy felbontású grafikus képernyőn a powerspektrumot, ennek négyzetgyökét, vagyis az amplitúdót, majd a spektrálablakot. A 2200-as és 2300-as kis szubrutinok nyomtatóra viszik a karakteres és a grafikus képernyő tartalmát az F2 billentyűvel (F1-re kiírás nélkül továbbfut a program).

A Fourier-szintézissel ellenőrizhetjük, hogy az analízis során kapott egy vagy több rezgés mennyire jól közelíti az eredeti fénygörbét. A frekvencia-, amplitúdó- és fázisértékek bevitelére után kiszámítjuk a négyzetes eltérést, majd ábrázolhatjuk külön a fénygörbét, külön az illesztést, vagy együtt mindkettőt egymáson, illetve egymás alatt.

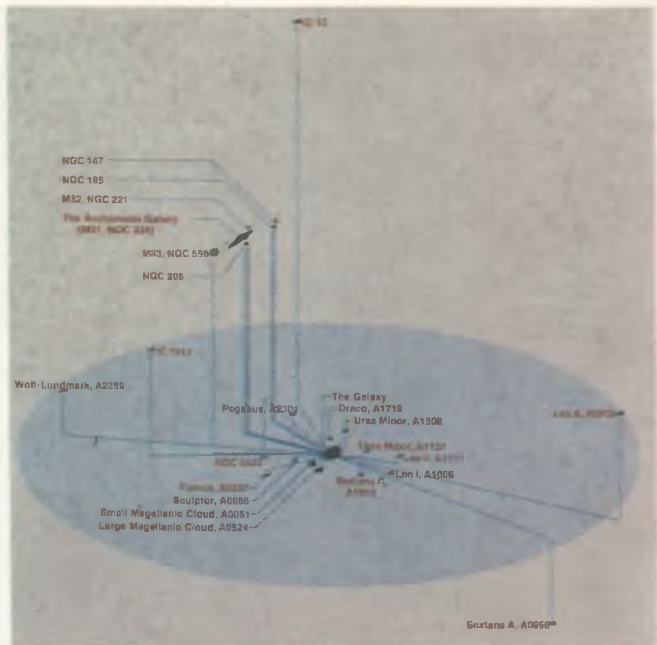
A programban a 2500—2780 sorszámok közötti rész a fázisokat számolja ki, és elkészíti a fázisdiagramot. Egy adott  $P$  periódusra vonatkozóan a  $j$ -edik ( $j=1, \dots, N$ ) megfigyelés fázisa:

$$\varphi_j = \left( \frac{t_j - t_0}{P} \right) - \text{INT} \left( \frac{t_j - t_0}{P} \right),$$

ahol  $t_0$  az epocha, INT az egészrész-függvény. Az  $N$  darab fényességadathoz ugyanannyi 0 és 1 közötti értékű fázist kapunk. A fázisok függvényében ábrázolva a magnitúdóadatokat, a fázisdiagramhoz vagy más néven az átlagfénygörbéhez jutunk. Ezt több periódusra elkészítve jól látható, hogy az analízisből kapott valódi periódusok esetén a legkisebb a pontok szórása. A program lehetőséget ad egytizedes fázisintervallumonkénti átlagolásra,

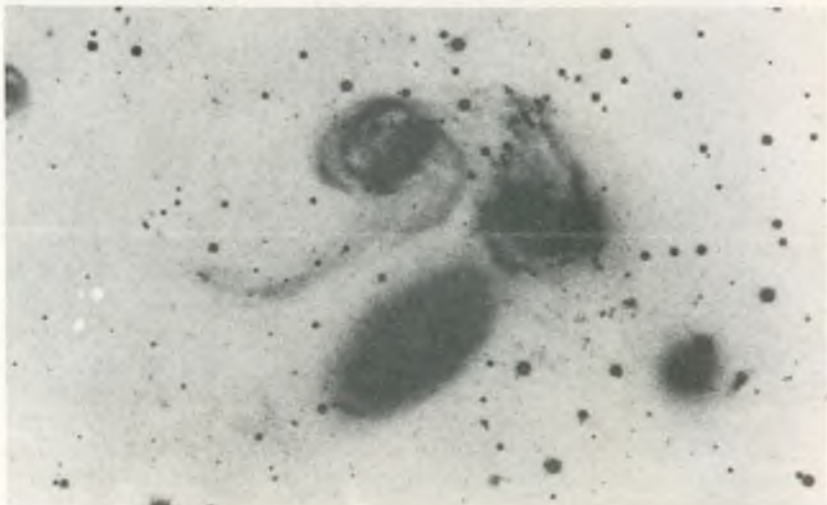


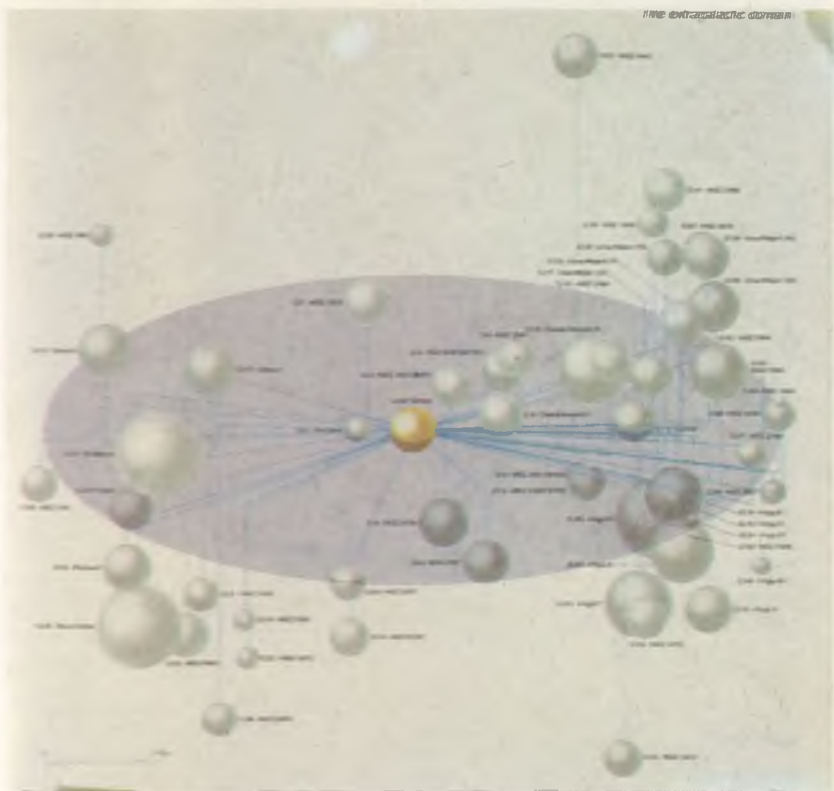
1. kép *Bok globulák*



2a kép A lokális galaxisrendszer térbeli képe

2b kép Stephan's Quintet





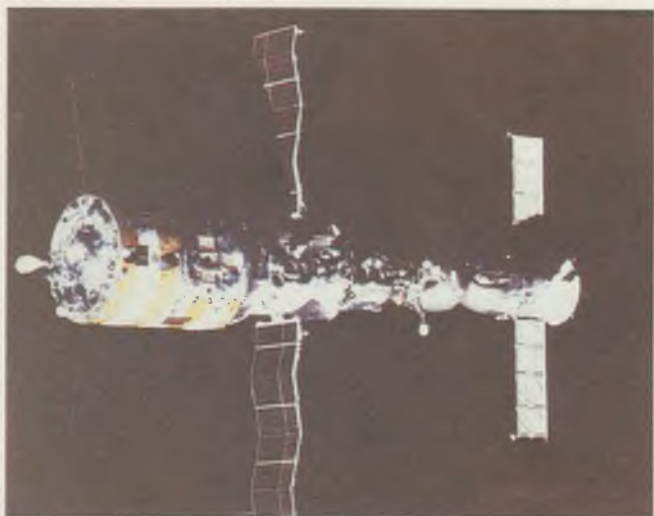
3. kép Galaxishalmazok térbeli elhelyezkedése (1—3. kép a Csillagászat legújabb eredményei c. cikkünkhöz)



4a kép Finn amatőrtávcső

4b kép Finn amatőrtávcső-kupola kívülről (A finnországi amatőrcsillagásatról c. cikkünkhöz)





5a kép Szaljut űrállomás

5b kép Skylab űrállomás





6. kép USA űrállomás szerelése

7. kép USA tervezett űrállomás (5—7. kép az Űrállomások c. cikkünkhöz)







8. kép Effelsberg rádióteleszkóp (Új kozmikus helymeghatározási módszerek c. cikkünkhöz)

azaz a fázisdiagram 10 ponttal való előállítására, és a fényességadatok fázis szerinti sorba rendezésére is.

Most pedig nézzünk néhány példát a leírt módszer és program segítségével történő periódusmeghatározásra.

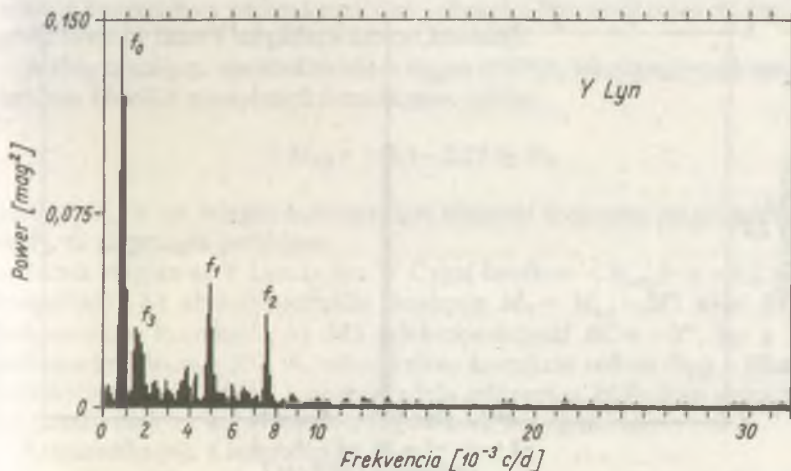
### Alkalmazási példák

Három hosszú periódusú pulzáló vörös óriás csillag példáján mutatjuk be a Fourier-analízis eredményességét.

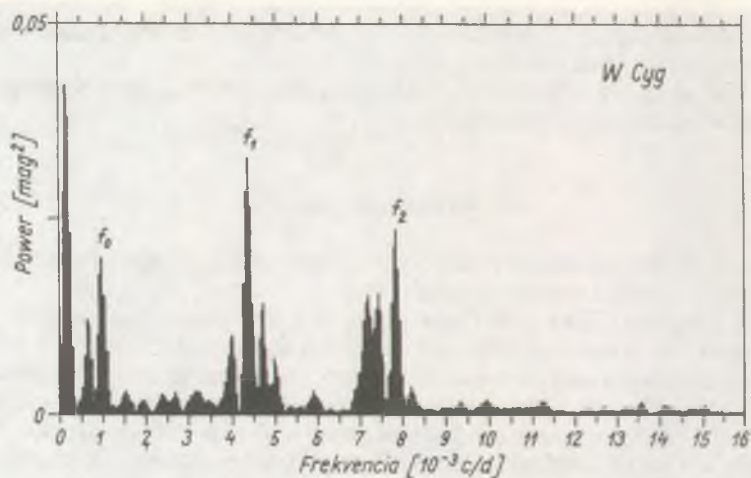
Az Y Lyncis (SRc), a W Cygni (SRb) és a T Cephei (Mira) jellemzőiről részletesen a *Meteorban* található cikkekben olvashatunk (1985/2, 6; 1986/2). Az adatokat a magyar amatőrcsillagász-mozgalom egyik legsikeresebben működő szervezete, a Pleione Változócsillag-észlelő Hálózat (PVH) gyűjtötte. A 8, 11 és 15 év hosszú adatsorozatokban a 10 napos átlagolásokkal 244, 374 és 424 darab megfigyelési pont állt rendelkezésre. Az észlelési pontosság mintegy  $0^m1$  (erről a cikk végén még fontos mondanivalónk lesz!).

### Félig szabályos változócsillagok

A meglehetősen bonyolult fénygörbéjű, félig szabályos Y Lyncis és W Cygni powerspektruma látható a 6. és 7. ábrán. Rögtön szembe tűnik, hogy

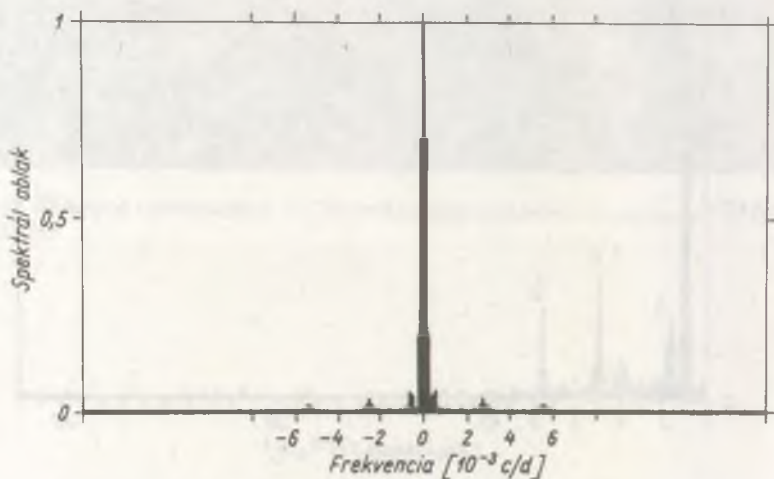


6. ábra. Az Y Lyncis 1976—1985 közötti fénygörbéjének powerspektruma



7. ábra. A *W Cygni* 1973—1984 közötti fénygörbéjének powerspektruma

számos csúcs nyúlik az alapzaj fölé. Mindkét csillagnál azonban csak az  $f_0$ -lal,  $f_1$ -gyel és  $f_2$ -vel jelölt maximumok reálisak, a többi a már említett hamis frekvenciáknál jelenik meg. A *W Cygnis*-nél az  $1,65 \cdot 10^{-4}$  ciklus/nap ( $P = 6060$  nap) talán rotációs moduláció. A tipikus spektrálablakot a 8. ábra



8. ábra. Az *Y Lyncis* adatainak spektrálablak-függvénye

mutatja, ahol a  $2,738 \cdot 10^{-3}$  ciklus/nap (1 ciklus/év) frekvenciátávolságonként az álcúcsok megjelentek.

Végül a következő periódusokat állapítottuk meg:

Y Lyncis:  $P_0 = 1215 \pm 20$  nap,  $P_1 = 205 \pm 2$  nap,  $P_2 = 133 \pm 1$  nap,

W Cygni:  $P_0 = 1000 \pm 15$  nap,  $P_1 = 227 \pm 2$  nap,  $P_2 = 127 \pm 1$  nap.

Tehát mindkét SR változó többszörös periodicitású. Hogyan lehet a kapott periódusokkal a csillag pulzációját modellezni? A rezgés alapl módusban és/vagy magasabb módusban történhet. A magasabb módust felharmonikusnak nevezzük. Amennyiben a csillag egyidejűleg több periódussal, azaz több módusban pulzál, a periódusok aránya alapján azonosítani lehet — a pulzációelméletben szereplő periódusarányok segítségével — a módusokat.

Próbáljuk megállapítani, hogy példánkban hogyan történik a pulzáció! A szakirodalom szerint a vörös óriások radiálisan pulzálnak, és esetünkben a következők a periódusarányok (az alaprezgés periódusát  $P_0$ -lal, a  $k$ -edik harmonikusét  $P_k$ -val jelöljük):  $P_0/P_1 = 3-5$ ,  $P_1/P_2 = 1,2-1,5$  és  $P_2/P_3 \leq 1,2$ . Ennek alapján feltételezhetjük, hogy az Y Lyncis és a W Cygni egyszerre három radiális módusban pulzál, az alaprezgés, az első és a második felharmonikus szerint. Ez fizikailag lehetséges ugyan, de nagyon ritka. A többszörös periódusú pulzáló változóknál legtöbbször két módus figyelhető meg. Eddig igazán megbízhatóan csupán egy RR Lyrae típusú csillagról (AC And) sikerült kimutatni, hogy egyidejűleg három radiális rezgési módusban lüktet.

Mit lehet kezdeni ezután a periódusokkal? Amellett, hogy a periódusok hossza önmagában is értékes információt jelent a pulzáció jellegére vonatkozóan, a bevezetőben említett periódus—abszolút fényesség relációk segítségével további fontos megállapításokat tehetünk.

A félig szabályos vörös változókra Eggen (1975) a következő, csak meglehetősen közelítő pontosságú összefüggést találta:

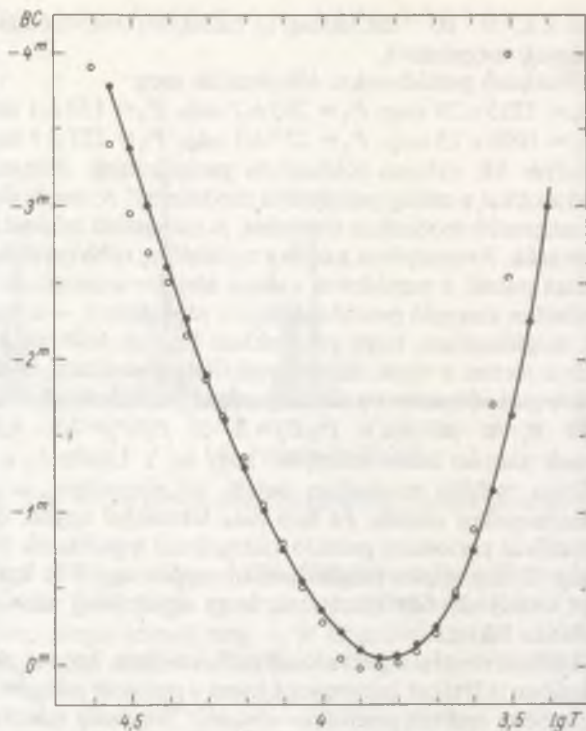
$$\langle M_{\text{bol}} \rangle = 0,5 - 2,25 \lg P_0,$$

ahol  $\langle M_{\text{bol}} \rangle$  az átlagos bolometrikus abszolút fényesség magnitúdóban, és  $P_0$  az alaprezgés periódusa.

Ennek alapján az Y Lyncis és a W Cygni esetében  $\langle M_{\text{bol}} \rangle = -6,2 \pm 0,3$  magnitúdó. Az abszolút vizuális fényesség  $M_V = M_{\text{bol}} - BC$ , ahol  $BC$  a bolometrikus korrekció. Az M5 színeképosztálynál  $BC \approx -3^m$ , így a két csillagunkra  $M_V \approx -3^m,2$ . A bolometrikus korrekció erősen függ a felszíni hőmérséklettől (9. ábra), a nagyon vörös csillagokra különösen számottevő, hiszen ezek az infravörösben sugároznak legerősebben.

Kiszámolhatjuk a luminozitást is az

$$M_{\text{bol}} - M_{\text{bol}\odot} = -2,5 \lg \frac{L}{L_{\odot}}$$



9. ábra. A bolometrikus korrekció (körök) az effektív hőmérséklet logaritmusára függvényében. A pontok és a folytonos vonal a  $BC = -42,54 + 10 \lg T + \frac{29\,000}{T}$  közelítés

kifejezés alapján. A Nap bolometrikus abszolút fényessége:  $M_{bol, \odot} = 4^m,7$ , így csillagainkra  $\lg L/L_{\odot} \approx 4,4$ , azaz mintegy 25 000-szer több energiát bocsátanak ki Napunknál.

Ismeretes, hogy a pulzáló változócsillagok adott típusa adott módusához egy  $Q = P \sqrt{Q/Q_{\odot}}$  pulzációs állandó rendelhető. A félig szabályos változók alaprengésére  $Q = 0,15$ . Mivel a tömegük  $M \approx 1,5 M_{\odot}$ , közelítőleg meghatározhatjuk sugarukat a

$$Q = P_0 \sqrt{\frac{M}{M_{\odot}} / \left(\frac{R}{R_{\odot}}\right)^3}$$

képlet segítségével. A vizsgált két csillag sugara  $R \approx 450 R_{\odot}$ . Nézzük meg azt is, hogy milyen hőmérséklet adódik az

$$L = 4 R^2 \pi \sigma T^4$$

Stefan—Boltzmann-törvényből! A Nap adatai felhasználásával egy könnyebben használható formulához jutunk ( $L_{\odot} = 3,86 \cdot 10^{26} \text{ W}$ ,  $R_{\odot} = 696\,000 \text{ km}$ ,  $T_{\odot} = 5670 \text{ K}$  és  $\sigma = 5,67 \cdot 10^{-2} \frac{\text{W}}{\text{km}^2 \text{K}^4}$ ):

$$\frac{L}{L_{\odot}} = 10^{-4} \left( \frac{R}{R_{\odot}} \right)^2 \left( \frac{T}{T_{\odot}} \right)^4$$

Ebből a két SR csillagra  $T \approx 3400 \text{ K}$ .

Még megbecsülhetjük a felszíni gravitációs gyorsulást, amely

$$g = G \frac{M}{R^2} \text{ vagy } \frac{g}{g_{\odot}} = \frac{M/M_{\odot}}{(R/R_{\odot})^2},$$

alapján számolható,  $G = 6,672 \cdot 10^{-20} \frac{\text{km}^3}{\text{kg s}^2}$  a gravitációs állandó. Mivel

$g_{\odot} = 27\,400 \frac{\text{cm}}{\text{s}^2}$ , így  $M = 1,5 M_{\odot}$  és  $R = 450 R_{\odot}$  esetén  $g = 0,2 \frac{\text{cm}}{\text{s}^2}$ , ami rendkívül kis érték.

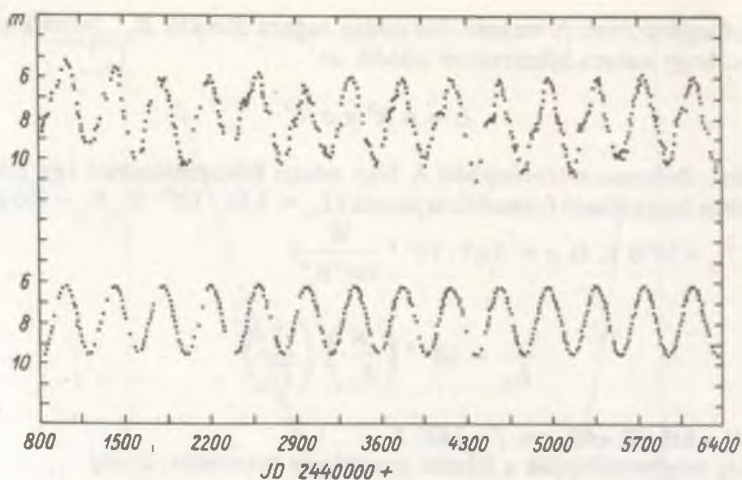
### Mira típusú változócsillagok

Utolsó példánk egy Mira típusú csillag, a T Cephei. A 10. ábrán felül a fénygörbe látható, alul pedig a powerspektrum (11. ábra) alapján meghatározott  $P = 1/f = 394,166$  periódusú,  $A = 1,68$  amplitúdójú és  $\varphi = -0,363$  fázisú rezgés

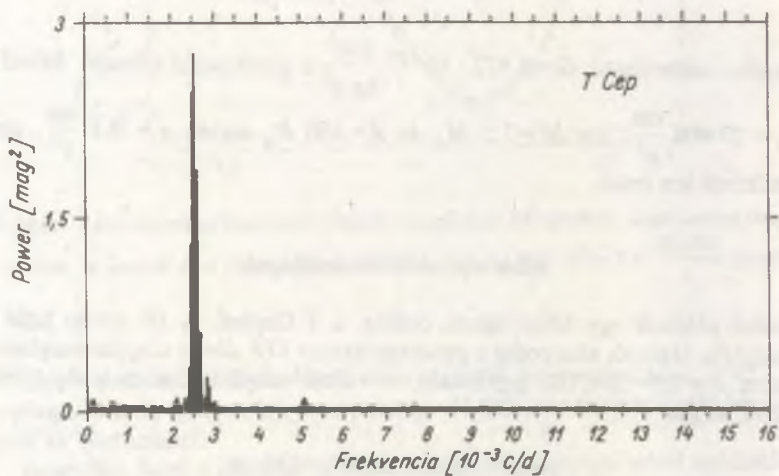
$$m(t_j) = A \cos [2\pi f(t_j - t_0) + \varphi]$$

alakban, ahol  $t_j$  a  $j$ -edik ( $j = 1, \dots, N$ ) megfigyelési időpont, az epocha  $t_0 = \text{JD } 2\,440\,800$ . Itt sokkal könnyebb dolgunk van, mint a félig szabályos változóknál. Csak egy módusban történik a pulzáció, a powerspektrumban csak egy nagy csúcs van,  $f = 2,537 \cdot 10^{-3}$  ciklus/nap frekvenciánál.

Az eredeti fénygörbénél és a fázisdiagramnál (12. ábra) is szembevetendő a

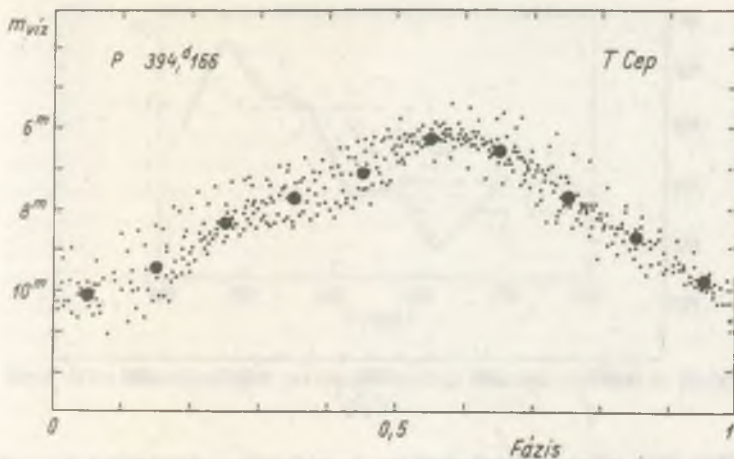


10. ábra. A *T Cephei* fénygörbéje és az illesztés (lásd a szöveget)



11. ábra. A *T Cephei* 1970—1985 közötti fénygörbéjének powerspektruma





12. ábra. A T Cephei fázisdiagramja

felszálló ág közepe táján a Miráknál gyakran jelentkező „púp”, illetve hullám. Ennek oka a pulzáció szabálytalanságaiban kereshető, amiért például a konvekció vagy a csillag légkörében terjedő lökeshullám lehet a felelős (amire emissziós vonalak megjelenése is utal a színekben).

A Mirák többsége az M színképosztályba tartozik, és úgy tűnik, hogy minél hosszabb a periódus, annál későbbi a színkép (13. ábra).

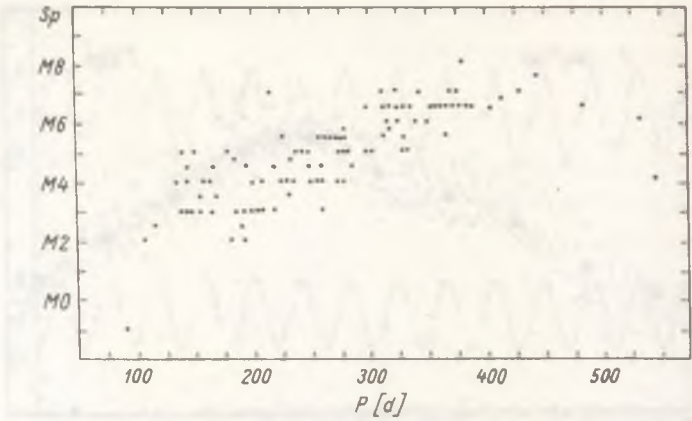
A T Cephei közel 400 napos periódusával és M6—M8 közötti színképével jól illik ebbe az összefüggésbe.

A csillagok felépítésének és fejlődésének elméleti modellezéséből a Mirák legfontosabb paramétereire egész kapcsolatsort született (14. ábra). Eszerint például egy  $P=400^d$  periódusú, M5—M8 színképosztályú ilyen csillag tömege  $M=0,8-1 M_{\odot}$ , a relatív luminozitás  $\lg \frac{L}{L_{\odot}} = 3,9-4,0$ , az effektív hőmérséklet  $T=2700-2800$  K, és  $t=1,8-2$  millió évig tartozkodnak a Mira változó állapotban.

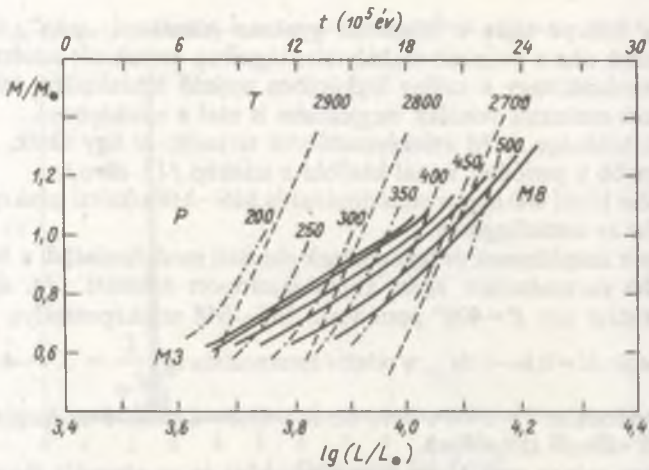
A Mirákra sajnos nem olyan szép a periódus és az abszolút fényesség közötti összefüggés, mint például a cefeidákra (15. ábra).

Egy közelítő periódus—fényesség reláció szerint maximumban az abszolút vizuális magnitúdó:

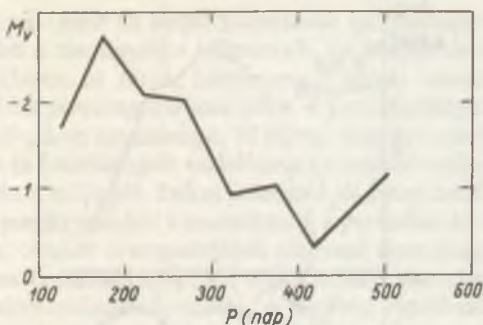
$$M_V(\max) = -15,8 + 5,9 \lg P.$$



13. ábra. Mira változócsillagok periódusa és szinképtípusa közötti összefüggés (Keenan)



14. ábra. Mira változócsillagok jellemzőinek kapcsolata az elméleti modellek alapján (Cahn és Yyatt)



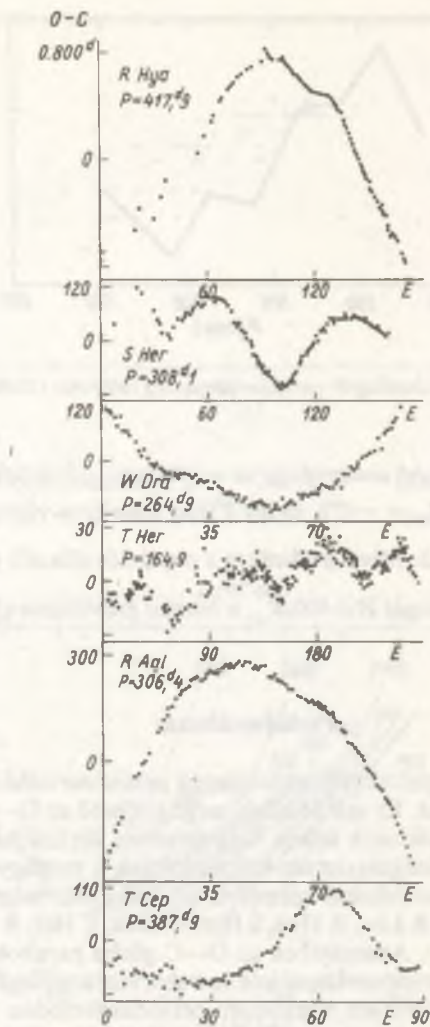
15. ábra. Mira változócsillagok periódus-fényesség relációja (Osvalds és Risley)

A T Cepheire  $M_v(\max) = -0^m,5$ .  $BC = -4^m,3$  bolometrikus korrekciót véve (M6 III színképi)  $M_{bol} = -4^m,8$ , és így a félig szabályos változóknál említett képletből  $\lg \frac{L}{L_\odot} = 3,8$ . Mivel a Mirákra a pulzációs állandó  $Q = 0,04-0,06$ ,  $M = 1 M_\odot$  mellett a sugár  $R \approx 400 R_\odot$ , a felszíni gravitációs gyorsulás  $g \approx 0,2 \frac{\text{cm}}{\text{s}^2}$ .

### Periódusváltozás

A hosszú periódusú pulzáló változócsillagok periódusa néhány év alatt akár 100 napot is változhat. Ez sok Miránál megfigyelhető az O—C diagramjukra pillantva (ahol a ciklusok száma függvényében ábrázoljuk egy eseménynek, például a fényességmaximum-időpontoknak a megfigyelésből kapott, meg egy rögzített periódussal számított értékei különbségét). Változik a periódusa például az R Leo, R Hya, S Her, W Dra, T Her, R Aql és a T Cep Miráknak (16. ábra). Amennyiben az O—C görbe parabola alakú, akkor folytonos, állandó periódusváltozásról van szó, ami a csillagfejlődéssel lehet kapcsolatos. A szabálytalan, ugrásszerű perióduseltolódást valószínűleg a heves konvekciós mozgás vagy a csillag belsejében lejátszódó hélium  $\rightarrow$  szén magreakció felerősödése okozhatja. Gyorsan változhat a periódus a főleg kettőscsillagok esetében kimutatható tömegvesztés miatt is. Itt megjegyezzük, hogy abban az esetben, ha a pulzáló változó kettős rendszer tagja, a fénygörbe frekvencia- vagy fázismodulált rezgéshez hasonló, és ekkor igen körülményes a pulzációs periódus meghatározása.

\* \* \*



16. ábra. O—C görbék néhány Mira csillagra (Wood és Zarro)

A hosszú periódusú pulzáló változócsillagok megfigyelése az amatőr-csillagászokra vár. Igaz, a vizuális észlelések pontossága messze elmarad a fotografikus vagy fotoelektromos technikában elérhetőtől. Azonban a szakirodalomban számos cikkben matematikai módszerekkel kimutatták, hogy

a jel/zaj viszonynál (amit az amplitúdó/szórás hányadossal definiálhatunk) sokkal fontosabb a megfigyelési időpontok, az adatok száma. Például egy 40 változási cikluson át tartó, folytonos, 5 jel/zaj viszonyú adatsorozat esetén a fénygörbe powerspektruma jobb, a periódusmeghatározás pontosabb, mint egy 20 ciklus hosszúságú, 10 jel/zaj viszonyú adatsor analízisénel.

A szorgalmas és összehangolt észlelőmunka eredményeképpen a periódus megkeresése után a csillagok fizikai jellemzői jól becsülhetők. A sok évtizedes folyamatos megfigyelésből kimutathatók a periódusváltozások, amelyek a csillagfejlődési elmélet szempontjából alapvető fontosságúak.

A magyar amatőrcsillagászok már eddig is szép sikereket értek el a félig szabályos és a Mira csillagok területén. A jövőben remélhetőleg még többen még többet észlelnek, és az adatok közös feldolgozása után az eredmény sem marad el.

```

2 REM *****
3 REM * PULZALO VALTOZOC SILLAG *
4 REM * PERIODUS MEGHATAROZASA *
5 REM * FOURIER-ANALIZIS *
6 REM * SZATMARY KAROLY 1985 *
7 REM * C 64 + SIMONS BASIC *
8 REM *****
10 DIM T(500),F(500)
15 PRINT CHR$(147):INPUT" CSILLAG NEVE" :CS$
20 INPUT" MERESI PONTOK SZAMA (MAX 500)":N
25 INPUT" JD = 2440000 +":JD
30 INPUT" EPOCHA =":T0
40 FOR J=1 TO N:READ T(J),F(J):NEXT J
45 FOR J=1 TO N:QQ=QQ+F(J):NEXT J QQ=QQ/N
50 DEF FNE(X)=INT(1E4*X+.5)/1E4
55 DEF FNK(X)=INT(1E2*X+.5)/1E2
60 PRINT:PRINT" JD"TAB(20)"MAGNITUDO"
70 FOR J=1 TO N:PRINT T(J);TAB(21)F(J) :NEXT J
75 PRINT TAB(10)"ATLAG" :TAB(21)FNE(QQ):PRINT
80 INPUT"ANALIZIS=1, SZINTEZIS=2, FAZISGORBE=3":VV
90 ON VV GOSUB 100,100,2500:PRINT GOTO 80
100 PRINT CHR$(147)
110 IF SF<.1 THEN 120:DIM S(500):PRINT
120 PRINT" F O U R I E R - S Z I N T E Z I S":PRINT
130 PRINT"
132 PRINT" F ( T ) = > A * COS [ 2 * P I * ( T - T 0 ) + F I ] "
134 PRINT" J I I J 0 I "
150 INPUT" EPOCHA =":T0
160 INPUT" HANY FREKVENCIA (MAX 9)":SF:PRINT
300 FOR K=1 TO SF
310 PRINT"FR (<:K;)=":INPUT FR(K)
330 PRINT" A (<:K;)=":INPUT A(K)
340 PRINT"FI (<:K;)=":INPUT FS(K)
350 NEXT K:PRINT
360 FOR I=1 TO N S(I)=0
370 FOR K=1 TO SF AS=2*PI*FR(K)
380 S(I)=S(I)+A(K)*COS(AS*(T(I)-T0)+FS(K))
390 NEXT K:NEXT I
400 SZ=0:FOR J=1 TO N
410 SZ=SZ+(F(J)-QQ-S(J))^2:NEXT J
420 SZ=SQR(SZ/N/(N-1)):ZZ=INT(100*SZ/100)
430 PRINT" NEGYZETES ELTERES =" :FNE(SZ);" (% )"
450 GOSUB 2200
600 PRINT:PRINT" ABRA VALASZTAS:"
605 PRINT" MEGFIGVELES = 1"
610 PRINT" ILLESZTES = 2"
615 PRINT" EGYUTT = 3"
620 PRINT" EGYMAS ALATT = 4"
625 PRINT TAB(17):INPUT OCX
630 INPUT" SKALA (MAGN)":SK
640 IF OCX=4 THEN SK=2*SK
660 INPUT" KEZDO ERTEK AZ IDOTENGELYEN =" :TT
670 INPUT" LEPEKOSZ AZ IDOTENGELYEN =" :TS
700 HIRES 0,1
705 LINE 0,199,319,199,1:LINE 0,0,0,199,1
710 LINE 0,0,319,0,1:LINE 319,0,319,199,1
715 FOR I=0 TO 3:FOR J=10 TO 190 STEP 10
720 PLOT I,J,1:PLOT 319-I,J,1:NEXT J
725 FOR J=20 TO 300 STEP 20
730 PLOT J,I,1:PLOT J,199-I,1:NEXT J:NEXT I
735 IF OCX=2 THEN 760
740 FOR J=1 TO N:XF=(T(J)-TT)/TS
745 YF=100/SK*(F(J)-QQ)+99-50*INT(OCX/4)
750 PLOT XF,YF,1:NEXT J

```

```

755 IF OC%=1 THEN 800
760 FOR I=1 TO N
770 XS=(T(I)-T)/TS:YS=100/SK*S(I)+99+50*INT(OC%/4)
780 PLOT XS,YS,1:NEXT I
800 GOSUB 2300
800 INPUT " UJ ABRA (I/N) ":UA$: IF UA$="I" THEN 600
890 INPUT " UJ FREKVENCIA (I/N) ":UF$: IF UF$="I" THEN 120
900 RETURN
1000 PRINT CHR$(147)
1010 PRINT "   F O U R I E R - A N A L I Z I S "
1020 IF DI=.1 THEN 1050
1030 DIM R(318),I(318),D(318),G(318),X(318),Y(318),FA(318)
1040 DI=1
1050 T=T(N)-T(1):TA=0:FOR J=2 TO N
1060 TA=TA+T(J)-T(J-1):NEXT J
1070 TA=TA/(N-1):NF=1/(2*TA) PRINT
1100 PRINT " ADATSOR HOSSZA: T=";FNK(T);"NAP"
1110 PRINT " 1/T=";FNE(1/T);"IC/D1" PRINT
1120 PRINT " NYQUIST FREKVENCIA ";FNE(NF)
1130 PRINT " ADATSOR HOSSZA: T=";FNK(T);"NAP"
1200 PRINT:INPUT " FREKVENCIAK SZAMA (MAX 318) ":M
1220 PRINT " MIN FREKV + "M"* LEPEK <"FNE(NF)"LEGYEN I "
1230 INPUT " MIN FREKVENCIA [C/D]":F0
1240 PRINT " LEPEK <"FNE(1/(2*MT))";" [C/D]":INPUT E
1250 PRINT " ";F0;"*";M;"*";E;"=";F0+M*E
1300 GOSUB 2200:GOSUB 3000:REM - DFT -
1500 PRINT " POWER MAXIMUMOK:"
1510 PRINT " FREKV PERIOD AMPL FAZIS SP.AB"
1515 PRINT "
1520 FOR K=2 TO M-1:F=F0+(K-1)*E
1530 IF X(K)>X(K-1) AND X(K)>X(K+1) THEN 1540
1535 GOTO 1560
1540 PRINT FTAB(6)FNK(K)TAB(14)FNE(SQR(X(K)))
1545 PRINT TAB(23)FNE(FA(K))TAB(31)FNE(Y(K))
1560 NEXT K:PRINT
1590 INPUT " POWER SKALA MAX [MAGNT2]":S1
1595 INPUT " AMPLITUDO SKALA MAX [MAGN]":S2
1600 GOSUB 2200
1700 DEF FNY(K)=X(K)/S1*190:GOSUB 2100
1730 DEF FNY(K)=SQR(X(K))/S2*190:GOSUB 2100
1760 DEF FNY(K)=Y(K)*190:GOSUB 2100
1900 INPUT " UJ FREKVENCIAK (I/N) ":S$: IF S$="I" THEN 1100
1910 RETURN
2100 HIRES 0,1:X=1
2105 LINE 0,195,319,195,1:LINE 0,4,319,4,1
2110 LINE 0,0,0,199,1:LINE 319,0,319,199,1
2115 FOR J=10 TO 310 STEP 10:FOR I=0 TO 3
2120 PLOT J,I,1:PLOT J,196+I,1
2125 PLOT I,100,1:PLOT 319-I,100,1
2130 NEXT I:NEXT J
2135 FOR K=1 TO M:Y=FNY(K)
2140 PLOT X,195-Y,1:LINE X,195,X,195-Y,1
2150 X=X+1:NEXT K:GOSUB 2300:RETURN
2200 REM --- 40X25 PRINTERRE ---
2210 B=INKEY:ON B GOTO 2230,2220:GOTO 2210
2220 HRDCPY:GOTO 2210
2230 RETURN
2300 REM -- 320X200 PRINTERRE --
2310 B=INKEY:ON B GOTO 2330,2320:GOTO 2310
2320 COPY:GOTO 2310
2330 CSET0:RETURN
2500 REM -- 100-FAZIS ATSZAMITAS --
2502 IF FI=.1 THEN 2505:DIM FI(500):FI=1
2505 PRINT:PRINT CS$+" FAZIS-DIAGRAM"
2507 PRINT:INPUT " PERIODUS=";PP

```

```

2510 FOR J=1 TO N:FI(J)=(T(J)-T0)/PP
2515 FI(J)=FI(J)-INT(FI(J)):NEXT J
2520 INPUT " ABRA = 1, ABRA+FAZIS RENDEZES = 2 ":GL
2522 IF GL=1 THEN 2610
2525 REM - T,F,FI TOMBOK FAZIS SZERINTI RENDEZESE -
2530 FOR J=1 TO N-1:EE=FI(J):L=J
2535 FOR K=J+1 TO N:IF FI(K)>=EE THEN 2550
2540 L=K:EE=FI(K)
2550 NEXT K
2555 IF L=J THEN 2575
2560 FI(L)=FI(J):FI(J)=EE
2565 EE=T(L):T(L)=T(J):T(J)=EE
2570 EE=F(L):F(L)=F(J):F(J)=EE
2575 NEXT J
2610 INPUT " SKALA [MAGN] = ":SK
2620 HIRES 0,1
2625 LINE 0,199,319,199,1:LINE 0,0,0,199,1
2630 LINE 0,0,319,0,1:LINE 319,0,319,199,1
2635 FOR I=0 TO 3:FOR J=20 TO 180 STEP 20
2640 PLOT I,J,1:PLOT 319-I,J,1:NEXT J
2645 FOR J=32 TO 288 STEP 32
2650 PLOT J,I,1:PLOT J,199-I,1:NEXT J:NEXT I
2660 FOR J=1 TO N
2670 XF=FI(J)*319:YF=100/SK*(F(J)-QQ)+99
2680 PLOT XF,YF,1:NEXT J
2700 GOSUB 2300:PRINT
2710 PRINT"      KESZ          = 1"
2715 PRINT"      FAZIS LISTA = 2"
2720 PRINT"      UJ PERIODUS = 3"
2725 PRINT"      10 PONTTAL  = 4"
2730 PRINT TAB(17); INPUT SL%
2735 ON SL% GOTO 2780,2765,2505,2740:GOTO 2710
2740 FOR I=0 TO 9:U(I)=0:V(I)=0:NEXT I
2742 FOR J=1 TO N:FI(J)=INT(10*FI(J))
2744 FOR I=0 TO 9:IF FI(J)=I THEN 2748
2746 GOTO 2750
2748 V(I)=V(I)+1:U(I)=U(I)+F(J)
2750 NEXT I:NEXT J
2752 FOR I=0 TO 9:U(I)=U(I)/V(I):NEXT I
2754 CSET2:FOR I=0 TO 9
2756 XF=16+32*I:YF=100/SK*(U(I)-QQ)+99
2760 CHAR XF-3,YF-3,81,1,1:NEXT I:GOTO 2700
2765 PRINT:PRINT" FAZIS","MAGN"," JD"
2770 FOR J=1 TO N:PRINT FNE(FI(J)),F(J),T(J)
2775 NEXT J:GOTO 2700
2780 RETURN
3000 REM ----- DFT -----
3010 PRINT CHR$(147)
3015 PRINT" FREKV   PERIOD   AMPL       FAZIS   SP.AB"
3020 PRINT"
3025 FOR K=1 TO M
3030 R(K)=0:I(K)=0:D(K)=0:G(K)=0
3035 F=F0+(K-1)*E:P=1/F:A=2*pi*F
3040 FOR J=1 TO N:A0=A*(T(J)-T0)
3045 C=COS(A0):S=SIN(A0)
3050 R(K)=R(K)+(F(J)-QQ)*C
3055 I(K)=I(K)+(F(J)-QQ)*S
3060 D(K)=D(K)+C:G(K)=G(K)+S:NEXT J
3065 FA(K)=ATN(-I(K)/R(K))
3070 X(K)=(R(K)*R(K)+I(K)*I(K))*4/(N*N)
3075 Y(K)=(D(K)*D(K)+G(K)*G(K))/(N*N)
3080 PRINT FTAB(6):FNK(P)TAB(14):FNE(SQR(X(K)))
3085 PRINT TAB(23):FNE(FA(K))TAB(31):FNE(Y(K))
3090 NEXT K:PRINT:RETURN

```

READY.

19. ábra



## A KISBOLYGÓK

A Naprendszer objektumaival foglalkozó csillagászok és űrfizikusok figyelmünkben a kisebb égitestek (üstökösök, kisbolygók), illetve a bolygók közötti anyag vizsgálata felé fordul. A Föld környezete, illetve a bolygók durva feltérképezése után a Naprendszer többi részével egy időben keletkezett ún. primitív égitestek (üstökösök, kisbolygók) egyre érdekesebbé váltak. Ezeknek a kisméretű és nehezen megközelíthető objektumoknak napjainkban már űrszondákkal is megvalósítható a vizsgálata, és a részletes helyszíni vizsgálatok olyan alapvető fontosságú kérdésekhez adhatnak értékes, új információkat, mint a Naprendszer keletkezésének a mechanizmusa vagy az élet keletkezése bolygónkon. Bizonyos körülményekkel általános kijelentéseket is tehetünk majd általában a bolygórendszerek és az élet keletkezésének alapvető, általános törvényszerűségeiről is.

Az üstökösök űrszondás felderítésével kezdődött meg a kis égitestek helyszíni vizsgálata még 1985—1986-ban a Giacobini—Zinner- és a Halley-üstökösök meglátogatásával. Természetesen az érdekes kisbolygók és üstökösök nagy száma, valamint a meglátogatásukkal kapcsolatos nehézségek miatt egy-egy űreszközzel végzett vizsgálat nem terjedhet ki még a legérdekesebb ilyen égitestek mindegyikére sem, így a rendszeres földi megfigyelések és méréseknek még ma is van létjogosultsága. Mind az optikai, mind pedig a rádió- és radarcsillagászat számára bőven akad még tennivaló a Naprendszerben is. Különösen fontosak a nemzetközi együttműködésben megvalósuló űrvállalkozások, amelyek igen hatékonyaknak bizonyultak.

### A kisbolygók kutatásának története

Még csak alig kétszáz éve ismerjük ezeket az égitesteket, noha Naprendszerünkhez tartoznak, és a nagybolygók közt keringenek a Nap körül. A Nap körül keringő, kicsiny (néhány száz méterestől mintegy ezer kilométeres méretű), egyetlen sziklatömbből álló (monolitikus) primitív égitesteket nevezhetjük kisbolygóknak, hozzátéve még azt is, hogy felületükön nincs

jelentős illékony anyag (gáz), mint például az üstökösök magjának felületén. T. Gehrels neves kisbolygószerint az üstökösök magokat lehet „gázos aszteroidáknak” is tekinteni, míg egyes kisméretű aszteroidákat „illó komponens nélküli üstökösök magoknak” — utalva a kétféle kis égitestcsoport közti genetikai kapcsolatra is. Így érthető, hogy a XVIII—XIX. század fordulójáig ezeket a halvány kisméretű (a legnagyobbak látszó mérete is legfeljebb 0,7<sup>n</sup>), csak a napfényt visszaverő, olykor igen alacsony albedójú testeket a kisméretű, vizuális távcsövekkel nem fedezték fel. Ráadásul a napi mozgásuk sem olyan, hogy néhány perc vagy óra alatt a vizuális észlelő a távcsöve látómezejében elmozdulni látná őket a környező csillagokhoz képest. Kis méretük miatt a földi megfigyelők pusztán ránézésre lényegében csak csillagszerűnek láthatják a távcsöben a kisbolygókat, így nem mutatnak korong alakot sem, ami megkönnyítette volna a felfedezésüket.

A kisbolygók létezéséről a XIX. század elejéig senki sem tudott. Noha már Kepler megjegyezte (1596) a *Mysterium Cosmographicum* című művében, hogy a Jupiter és a Mars közt egy bolygóközi „úr tátong” („Inter Jovem et Martem interposui planetam”), mégis a Mars és Jupiter közti bolygó létezéséről nem sokat beszéltek akkoriban.

J. D. Titius von Wittenburg (1766) vizsgálta először a nagybolygók Naptól való távolságfüggésének szabályszerűségét, és J. E. Bode volt az, aki rámutatott arra, hogy a Mars és Jupiter közt a távolságtörvényből adódó résben egy addig ismeretlen bolygónak kell lennie. Az Uránusz Herschel által történt felfedezésével (1781. március 13.) az új nagybolygó naptávolsága jól megfelelt a Titius—Bode által felállított empirikus szabálynak, és ez a tény is fenntartotta a hiányzó bolygó létezésének gondolatát. Az ismeretlen bolygó keresésére szisztematikus kutatást szervezett az 1796. évi, Gothában (Lipcse mellett) megrendezett első nemzetközi csillagászati konferencia, melynek szervezője a magyar származású F. X. v. Zách volt. Palermóban G. Piazzi nem vett részt ebben a kutatásban, hanem a Wollaston-féle csillagkatalógust ellenőrizte, amikor 1801. január 1-jén feljegyezte, hogy egy „csillag”, amit a következő éjszakán is megfigyelt, mozog. Azt hitte, új üstökösöt fedezett fel, amely körülbelül még 41 napig volt követhető. A tudományos világot lázba hozta ez a felfedezés, mert Bode és mások is úgy gondolták, hogy Piazzi a hiányzó bolygót találta meg. Hamarosan kiderült, hogy a fényessége lényegében állandó, és semmiképpen nem lehet üstökösről szó.

Sürgős feladat állt a matematikusok előtt: egy olyan módszert kellett kidolgozni, amellyel kiszámítható az égitest pályája, és előre jelezhető égi pozíciója. K. F. Gauss, a „matematika fejedelme” oldotta meg a pályaszámítás és efemeriskiszámítás problémáját, és alkalmazta azt a Piazzi-féle új objektumra, amelynek eredményeképpen 1801. december 7-én újra megtalálták, és Ceresről nevezték el a — ma már tudjuk — kisbolygót, amely valóban a Mars és Jupiter pályája közt kering a Nap körül. A Ceres és társai sokkal halványabbak, mint a pályájukat közrefogó nagybolygók, így eleinte

csak kevés kisbolygót sikerült felfedezni: 1807-ig a további három legfényesebbet fedezték csak fel. Ebből az időből származik az a feltételezés (Olbers és néhányan mások), hogy a kisbolygók egy nagyobb bolygó szétadarabolásából származnak. Ezt annak alapján állították, hogy ezek a szerzők az idő tájt számításaik eredményéül egymást metsző pályákat kaptak, de mint azt P. Herget (1971) kimutatta, ezek a számítások helytelenek voltak.

### A kisbolygókutatás rövid kronológiája

- 1766 Titius von Wittenburg empirikus képletet állít fel (Titius—Bode-szabály) az ismert bolygók naptávolságaira. 2,8 cs. e.-nél „hiányzó bolygónak kell lennie”.
- 1781 W. Herschel felfedezi az Uránuszt, a Titius—Bode-szabálynak megfelelő naptávolságban.
- 1794 Chladni rámutat, hogy a meteoritok Földön kívüli eredetűek. (1803-ban Olbers arra utal, hogy esetleg a meteorok az aszteroidákká robbant nagyobb bolygó törmelékei.)
- 1796 A gothai csillagászkonferencia célul tűzi ki a hiányzó bolygó felkutatását.
- 1801 G. Piazzi Palermóban felfedezi az 1 Ceres kisbolygót.
- 1867 Kirkwood kimutatja, hogy az aszteroidaövbén rezonanciaűrök vannak.
- 1891 Max Wolf bevezeti a fotografikus eljárásokat a kisbolygók keresésében, megfigyelésében. Az évente újonnan felfedezett kisbolygók száma ugrásszerűen megnő.
- 1898 Witt Berlinben felfedezi a 433 Eros kisbolygót, Oppolzer hamarosan kimutatja a fényváltozását, amelyet ő a rotációval és a szabálytalan alakkal magyaráz (helyesen).
- 1900 körül: Berlinben és Kielben megszervezik a kisbolygók adatközpontját. A második világháború után részint Heidelbergben, részint Cincinnatiiban (Herget szervezésével) folytatódik a munka, azután 1978-ban Cambridge (Massachusetts) lesz a világon a fő központ B. G. Marsden vezetésével. A második világháború után a leningrádi Elméleti Csillagászati Intézet évente rendszeresen kiadja a kisbolygók efemeriseit és pályaelemeit (*1. táblázat*).
- 1906 Az első trójai kisbolygó, az 588 Achilles felfedezése (M. Wolf).
- 1918 Hirayama (japán) kutató publikálja első cikkét az aszteroidacsaldokról. Ezt a munkát Brouwer, Arnold, Kozai és J. G. Williams folytatta a későbbiekben.
- 1920 Baade Bergedorfban felfedezi a 944 Hidalgo.
- 1932 Reinmuth felfedezi az 1862 Apollo kisbolygót, amelynek követését a megfigyelők elvették, és csak 1973-ban találták meg újra. (Kisméretű, halvány — talán üstökösmaag eredetű — aszteroida.)

## A legnagyobb kisbolygók

Kisbolygó	Típus	Átmérő (km)	Kisbolygó	Típus	Átmérő (km)
1 Ceres	C	1025	24 Themis	C	249
2 Pallas	U	583	3 Juno	S	249
4 Vesta	U	555	16 Psyche	M	249
10 Hygeia	C	443	13 Egeria	C	245
704 Interamnia	U	338	216 Kleopátra	CMEU	236 ?
511 Davida	C	335	165 Loreley	C	228
65 Cybele	C	311	19 Fortuna	C	226
52 Europa	C	291	7 Iris	S	222
451 Patientia	C	281	532 Herculina	S	219
31 Euphrosyne	C	270	250 Bettina	CMEU	211 ?
15 Eunomia	S	261	702 Alauda	CU	217
324 Bamberga	C	256	747 Winchester	C	208
107 Camilla	C	252	423 Diotima	C	209
87 Sylvia	CMEU	251 ?	386 Siegena	C	203
45 Eugenia	U	250	375 Ursula	C	200

- 1930-as évek: Kulin György mintegy 83 kisbolygót figyel meg, közülük többnek pályát is számít (Konkolya, Bólyai stb., 2. táblázat).
- 1944 O. J. Schmidt szerint 2,8 cs. e. körül végbemehetett egy olyan felhalmozódási folyamat az ősi Naprendszerben, amikor is részecskék és planetizimálok (bolygókezdemények) összetömörültek, de a Jupiter perturbációi miatt nem állhattak össze ezek nagybolygóvá, és ezek lehetnek a kisbolygók. Az elgondolást Safronov és mások fejlesztették tovább.
- 1949 Kuiper beindítja a Yerkes—McDonald asteroid surveyt (kereső-programot) és egy sor fotometriai vizsgálatot.
- 1950 Whipple az üstökösragokra kidolgozza az ún. „piszkos hógolyóként” közismert modelljét.
- 1951 Öpik megbecsüli annak gyakoriságát, hogy milyen gyakran kerülnek az aszteroidák és a nagybolygók szoros közelségbe, és ennek alapján kiszámítja a kisbolygók átlagos élettartamát.
- 1953 Gerling és Pavlova a K-Ar kormeghatározás alapján laboratóriumi méréseket végez a meteoritok korára.
- 1953 Piotrowski közzéteszi alapvető jelentőségű munkáját a kisbolygók

## 2. táblázat

Magyar vonatkozású kisbolygók [Kulin György által felfedezettek, illetve a pályájukat ő számította ki (1), idegen felfedezésűek (2)]

Név	<i>a</i> (cs. e.)	<i>e</i>	<i>i</i> (fok)	Megjegyzés
(1) 1436 Szalonta (1936 YA)	3,143	0,0758	13,877	típusa C ?, CEU ? Nr. 111 család
1441 Bolyai (1937 WA)	2,632	0,2368	13,896	P = ?, ampl. > 0 <sup>m</sup> 2 Nr. 21 család
1442 Corvina (1937 YF)	2,874	0,0794	1,245	típusa S ? Nr. 3 (Coronis) család P = ?, ampl. 0 <sup>m</sup> 2
1444 Pannonia (1938 AE)	3,159	0,1322	17,750	—
1445 Konkolya (1938 AF)	3,114	0,1857	2,303	Nr. 1 (Themis) család A csoport típusa C, EU ?
1452 Hunnia (1938 DZ)	3,127	0,1873	14,224	—
1470 Carla (1938 SD)*	3,160	0,0621	3,230	—
1489 Attila (1939 GC)	3,174	0,1686	2,405	Nr. 107 család
1513 Mátra (1940 EB)	2,193	0,0991	3,973	—
1537 Transylvania (1940 QA)	3,053	0,2998	3,777	Felfedező: Strommer Gyula
1538 Detre (1940 RF)	2,361	0,2178	9,469	típusa C ? Nr. 171 család
1546 Izsák (1941 SGI)	3,173	0,1308	16,050	—
1710 — (1941 UF)	2,323	0,2671	8,459	S vagy U típus Nr. 4 család
(2) 434 Hungaria <sup>1</sup> (1898 DR)	1,944	0,0738	22,51	típusa U ! Nr. 190 (Hungaria család névadója), átmérő kb. 12 km.

Név	$a$ (cs. e.)	$e$	$i$ (fok)	Megjegyzés
719 Albert <sup>2</sup> (1911 MT)	2,584	0,5408	10,821	—
908 Buda <sup>3</sup> (1918 EX)	2,474	0,1447	13,355	—
1257 Móra <sup>4</sup> (1932 PE)	2,487	0,0826	3,919	—
1259 Ógyalla <sup>5</sup> (1933 BT) (Ó-gyalla)	3,106	0,1267	2,310	$P > 12^h$ , $\text{ampl.} > 0^m,3$

$a$  = a pálya fél nagytengelye,  $e$  = numerikus excentricitása,  $i$  = inklinációja.  $P$  = a mért fényváltozás periódusa,  $\text{ampl.}$  = amplitúdója. Nr. = Hirayama-féle osztályozási szám (Kozai, 1979 nyomán)

\* F. Pilcher (1979), Herget P. (1957, 1967) és G. Stracke (1938) alapján a nemzetközi kisbolygóadat-gyűjtő központban a 1470 Carla (1938 SD) kisbolygó felfedezőjéhez Á. Bohrmann 1938. szeptember 17. (Heidelberg) neve van feltüntetve

<sup>1</sup> 1898-ban hazánkban tartott Csillagászati Kongresszus tiszteletére (felfedező: Max Wolf, Heidelberg, 1898)

<sup>2</sup> a perturbált pályáját Tolnay Lajos számította ki (felfedező J. Palisa, Bécs)

<sup>3</sup> 1930-ban tartott Csillagászati Kongresszus tiszteletére, (felfedező: M. Wolf, Heidelberg)

<sup>4</sup> Móra Károly, a Szabadság-hegyi Csillagvizsgáló Intézet igazgatója emlékére (felfedező: K. Reinmuth, Heidelberg)

<sup>5</sup> Konkoly-Thege Miklós emlékére (felfedező: K. Reinmuth, Heidelberg)

ütközéséről (felaprózódási folyamatok). A munkát Anders, Wetherill, Dohnanyi és mások fejlesztették tovább.

1964 Anders a meteorok és kisbolygók közös eredetére vonatkozó modern elméletet dolgoz ki.

1964 J. A. Wood kiszámolja a hülési rátákat a vasmeteoritokra, és azt az eredményt kapja, hogy ezeknek mintegy 100—500 km átmérőjű kisbolygókból kell származni.

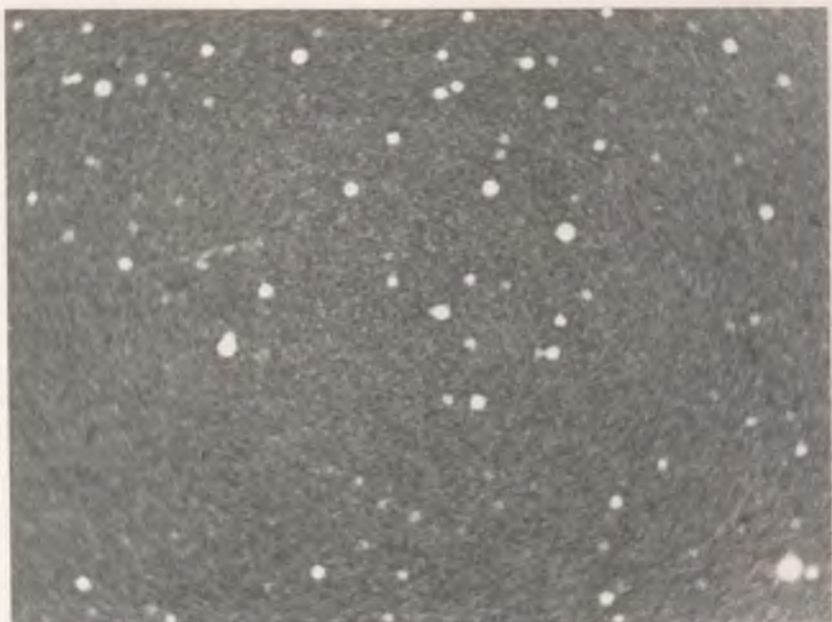
1966 H. G. Hertz meghatározza a 4 Vesta tömegét.

1968 Az 1566 Icarus kisbolygó megközelítette a Földet, és mind Goldstone-ban, mind Haystackben radarmódszerekkel is megfigyelték.

1970 Az 1566 Icarus fényvisszaverő képességét (reflexivitását) meghatározzák a Veverka által kifejlesztett és részletezett polarimetriai módszerrel. Sok más kisbolygóra alkalmazza ezt a későbbiekben B. H. Zellner.

1971 Tucsonban (Arizona) nemzetközi konferenciát tartanak, amelynek eredményeképpen kiadják a *Kisbolygók fizikai vizsgálata* című alapvető jelentőségű kiadványt.

- 1971 Az első javaslatok a kisbolygók gazdasági hasznosítására (Herrick, O'Neil és O'Leary).
- 1972 Az 1685 Toro kisbolygó (az egyik olyan kisbolygó, amely időszakonként megközelíti a Földet) megfigyelésére koordinált kampány szerveződik, csakúgy mint 1975-ben a 433 Eros esetében.
- 1972 Alfvén és kollégái közzéteszik az első konkrét javaslatokat a kisbolygók felderítésére indítható űrvállalkozásokról.
- 1975 Bowell nagyszabású UBV fotometriai megfigyelési programot kezdeményez a kisbolygókra.
- 1975 Chapman, Morrison és Zellner összekapcsolja a polarimetriai, radiometriai (sugárzásenergetikai) és spektrofotometriai eredményeket, és definiálja az ún. C, S és egyéb aszteroidatípusokat („széles sávú osztályozási rendszer”).
- 1975 Larson és Fink a 4 Vesta első Fourier-transzformációs spektroszkópiáját végzik el.
- 1976 Helin felfedezi az első Aten aszteroidát abban a szisztematikus keresési programban, amelyet Shoemaker kezdeményezett az Apollo és Amor kisbolygócsaládok tagjainak felkutatására.
- 1977 Kowal felfedezi a 2060 Chiron kisbolygót, amely igen nagy naptávolságban (mintegy 13 cs. e. fél nagytengelyű pályán) kering a Nap körül.
- 1979 T. Gehrels szerkesztésében összefoglaló mű jelenik meg a kisbolygók kutatásának addigi eredményeiről. Taylor és mások munkái nyomán ismertté válnak több kisbolygó rotációs paraméterei.
- 1980-as évek eleje: nemzetközi együttműködéssel többszín-fotometriai vizsgálatok indultak be elsősorban a felületi fotometriai paraméterek (albedó, kontraszt, felszín alakja stb.), illetve a pólusirányok és forgási periódusok meghatározására. (Az ún. POLE-program kezdete.)
- 1983 Az IRAS (Infravörösben Észlelő Csillagászati Műhold) sok új üstökös (például a híres IRAS—Araki—Alcock 1983d) és kisbolygót (például az 1983 TB = 3200 Phaeton) fedezett fel. Az IRAS-objektumok azonosítására és követésére alakult földi észlelőhálózat munkájában az MTA Csillagászati Kutató Intézet is részt vesz (1. ábra).
- 1984 A viszonylag nagy méretű és fényes kisbolygók vizsgálata (kisbolygó alakja, mérete, holdak létezése) indult be az ún. speckle-interferometriai módszer alkalmazásával (Drumund, Binzel és mások) (2. ábra és 3. táblázat).
- 1986 A POLE-program keretében egyre több fénygörbe adódik, amikből a forgási és alak paraméterek levezethetők.
- 1986 után: Előkészületek az aktív űrszondás helyszíni vizsgálatokra: NASA CORE-program, GALILEO-program, szovjet—Interkozmosz VESTA-program, ESA AGORA-program stb.



1a ábra. Az IRAS 516—1 = 1983 TB = 3200 Phaeton kisbolygó fotója az MTA Csillagászati Kutató Intézet piszkés-tetői obszervatóriumának 60/90/180 cm-es Schmidt-teleszkópjával készült, nem sokkal az IRAS műhold által történt felfedezése után. 1983. október 12-én 18 : 07 : 38—18 : 27 : 38 UT [20 perces expozíciós idővel, Kodak 103a—0 lemezre (kékre érzékeny) színszűrő nélkül]. A felvétel készítésekor a kisbolygó igen nagy látszó mozgású volt, a csík hossza (nyoma) kb. 0,1

A kisbolygók kutatásának korai időszakában az egész csillagásztudományt látba hozta ez az új égitestcsoport, de 1807 és 1845 közt nem fedeztek fel új kisbolygót. Szükségessé vált jobb csillagterképek és -katalógusok készítése, hogy könnyebben lehessen felfedezni és azonosítani a csillagok közt elmozdulni látszó aszteroidákat. 1845 után ismét fokozott érdeklődés mutatkozott a kisbolygók keresésére, és évente átlagban 4 kisbolygót fedeztek fel. 1872-ig ez a szám 7-re növekedett, és 1891-re már a 20-at is elérte az évente felfedezett új kisbolygók száma. M. Wolf jóvoltából ekkorra már a fotografiai módszereket is alkalmazták. 1931-ben például 398 új kisbolygót fedeztek fel, de később volt néhány olyan kisbolygó, amelyet „elvesztettek” a követésben, és csak később bukkantak rá ismét. A cambridge-i (USA, Mass.) Minor Planet Centerbe jutott jelentések szerint például a Krimben



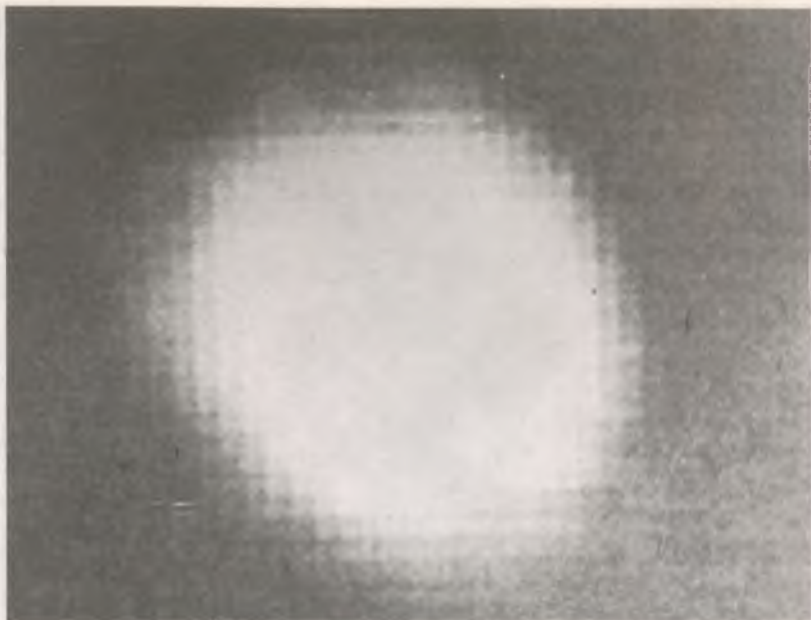


1b ábra. Mintegy 55 perccel később 103a—D lemezre (sárgára érzékeny) 19 : 02 : 18 —19 : 22 : 18 UT között készült felvételen jól látszik a Draco csillagaihoz való elmozdulása

### 3. táblázat

#### Speckle-interferometriai módszerrel meghatározott átmérők néhány naprendszerbeli objektumra

Objektum	Szög méret (ívmásodperc)	Átmérő (km)
Vesta	0,400 ± 0,040	513 ± 51
	0,470 0,020	550 23
Pallas	0,730 0,060	673 55
Rhea	0,234 0,005	1487 40
Iapetus	0,189 0,021	1200 132



2. ábra. A Vesta rekonstruált képe a Kitt Peaken levő 4 m-es teleszkóppal speckle-interferometriai eljárással készült, 1977. február 3-án. A korong látszó mérete kb.  $0''470$ . A speckle-mérésekből valószínű, hogy a kis- és nagytengely aránya  $1 : (1,19 \pm 0,02)$

levő asztrofizikai obszervatóriumban 1978 körül évente 700 kisbolygót figyeltek meg. Nagy szerepe volt és jelenleg is van a nagy, fényerős távcsöveknek (például a Palomar-hegyi 1,22 m-es Schmidt-teleszkóp, illetve a déli féltekén az ausztráliai Siding-Springsben levő 1,25 m-es U. K. Schmidt-teleszkóp).

A kisbolygók jelöléséről 1925-ben állapodtak meg: a felfedezés évszáma után az ábécé két nagybetűjét használják (kivéve az I-t és Z-t), amelyek közül az első a felfedezés első fél hónapjára utal, a második az ezen fél hónapon belüli sorrendet jelenti. Amennyiben már minden betűkombinációt felhasználtak, számokkal különböztetik meg a felfedezett kisbolygókat: így például a következő jelölések lehetnek az 1979-ben felfedezett kisbolygókra: 1979 AA, AB, ... AZ, AA1, ... WA, ... WZ, WA1, ... Ha a kisbolygót két vagy több oppozíciója alkalmával is megfigyelik, és a pályája pontosan

meghatározható, az adatgyűjtő központ felkéri a felfedezőjét, hogy nevezze el valamely mitológiai alakról, híres személyről, helységről stb. Bizonyos kisbolygók a Palomar—Leiden—Survayből származó jelöléssel is megadhatók, például PL 4633 az 1971 BQ elnevezésű 2042-es katalógusszámú aszteroida.

Ma évente mintegy száz új kisbolygót fedeznek fel 16 fotografikus magnitúdó alatt, és 1985-re a katalogizált kisbolygók száma meghaladta a 3800-at. A temérdek ismert kisbolygó adata alapján már az 1970-es évek közepén hozzáláttak a kisbolygók osztályokba, típusokba sorolásához.

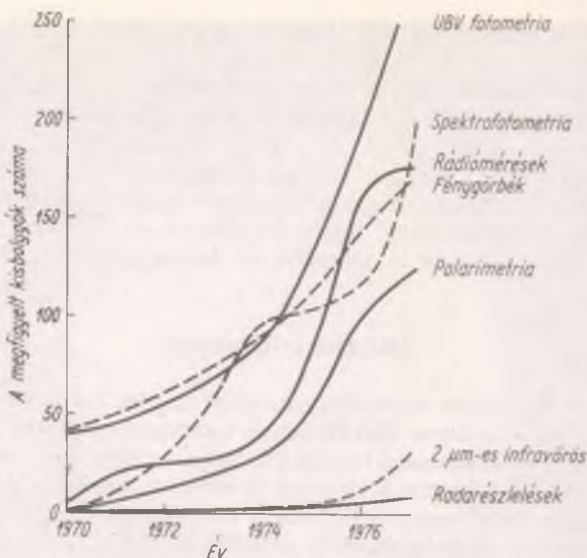
### Általános tulajdonságok

A jelenleg rendelkezésre álló kisbolygóadatok alapján Tucsonban (a University of Arizona és a Lunar and Planetary Laboratory koordinálásával) egy nagy számítógépi adatbankot hoztak létre, amely szüntelenül gyarapszik. Ez az adathalmaz tartalmazza a kisbolygók nevét, azonosítóját, pályaelemeit, a kisbolygócsaládot, amelybe tartozik a kérdéses aszteroida, spektrofotometriai adatokat, továbbá átmérőt, albedót, illetve polarimetriai adatokat is, valamint a kisbolygók eddigi oppozíciói során meghatározott fénygörbeparamétereket (periódus, lehetséges fényváltozásiamplitúdó-tartomány, a forgástengely térbeli iránykoordinátái). Megtalálhatók az adatbankban a kisbolygók UBV ... fotometriai mérési eredményei, és az abszolút fényesség, valamint a felfedezés és katalogizálás körülményeire vonatkozó információk is (3. ábra).

A kisbolygók zöme a Mars és a Jupiter pályája közt kering, és közismert, hogy bizonyos naptávolságok környékén hézagok vannak a szám szerinti eloszlásukban (Kirkwood-rések). Ezekről a pályákról a Jupiter periodikus perturbációja kiszórta a törmeléket (4. ábra).

A trójai kisbolygók a Nap—Jupiter—kisbolygó korlátozott háromtest-probléma  $L_4$  és  $L_5$  Lagrange-pontjai környezetében találhatóak, és e fiktív pontok körül bonyolult periodikus mozgást végeznek, miközben a Jupiter periódusával keringenek a Nap körül. (Az  $L_4$  pont 60 fokkal megelőzi, míg a  $L_5$  pont 60°-kal követi a Jupitert.) A keringésben a Jupitert megelőző pontban általában a „görög harcosok”, a Jupitert követően pedig a „trójai védők” helyezkednek el, nevüket Homérosz *Iliásza* alapján kapták. J. Dege-wij és C. J. van Houten szerint 15 km átmérőig mintegy 800—1000 trójai lehet oly módon, hogy a Jupitert előző pont körül kb. 2—3-szor annyi van belőlük, mint a követő pont környezetében.

A kisbolygók között szép számmal vannak olyanok is, amelyek vagy a Mars, vagy pedig a Föld pályáját erősen megközelítik, sőt olyanok is, amelyek a Föld pályáján is beljebb kerülhetnek. Többen lehetnek közülük időse üstökösmagok is. Kisebkek, mint a fő aszteroidaövezetben keringő

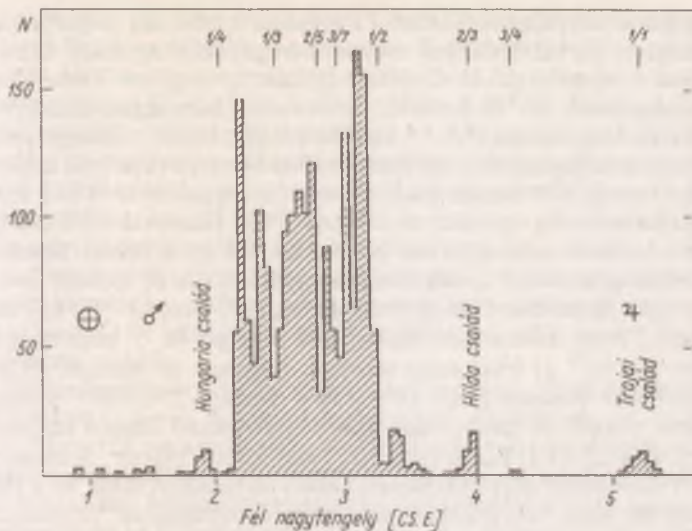


3. ábra. Az aszteroidákról összegyűlt adatok növekedése az 1970-es években (UBV fotometria, spektrofotometria, radiometria, fénygörbék, polarimetria, 2 mikronos infravörös- és radarmegfigyelések)

társaik, többnyire néhány kilométerig terjed a méretük. Annak ellenére, hogy ezek a kisbolygók közül is a legkisebbek közé tartoznak, a Földhöz való időszakos közelségük miatt könnyebb őket felfedezni, felszínükről radarvisszhangot kapni, mint a fő aszteroidaövbeli társaikról. A Földhöz közel kerülő kisbolygókat (433 Eros, 1566 Icarus, 1580 Betulia, 1685 Toro) az oppozíció körül megfigyelve az optikai és később a radarszellelést is a csillagászati egység pontos meghatározására használta fel.

A kisbolygók ma is az égimechanikai vizsgálatok kedvelt égitestjei. Pályahajlásuk a többségnél nem haladja meg a  $20^\circ$ -ot, de némely esetben a pálya ennél sokkal nagyobb mértékben is elhajolhat az ekliptikai siktól: például a 2102 sorszámú (1975 YA) kisbolygó inklinációja  $64^\circ$  (ez az eddig ismert legnagyobb inklinációjú aszteroida). E. Everhart, R. Greenberg és H. Scholl szerint a kisbolygók túlnyomó többségének  $10^\circ$  éven át is stabil marad a pályája. Az a tény, hogy csak nagyon ritkán figyelünk meg retrográd pályán mozgó kisbolygót, azzal az elméleti vizsgálati eredménnyel függ össze, hogy az ilyen pálya instabil.

Az utóbbi években egyes kisbolygók fénygörbéjében, illetve csillagfedések alkalmával kísérő aszteroidák jelenlétét vélték kimutatni, amelyek mint-



4. ábra. A Kirkwood-féle zónák és a kisbolygók szám szerinti eloszlása a pályájuk fél nagytengelye függvényében, az egyes rezonanciaértékekkel

egy szatellitként gravitációsan kötődnek a fő kisbolygóhoz. Távolságuk kb. 100-szorosa az átmérőjüknek, és méretük, illetve átlagos sűrűségük lényegében hasonló a már régebből ismert „fő” aszteroidáéhoz (2 Pallas, 18 Melpomene, 24 Themis, 29 Amphitrite, 44 Nysa, 51 Nemausa, 129 Antigoné, 349 Dembowska, 354 Eleonora, 433 Eros, 532 Herculina, 944 Hidalgo, 1580 Betulia). Érdekes, hogy a d'Arrest-üstökösnél is fellép a fénygörbében a kísérő jelenlétére utaló effektus (kettős a magja?). Az ilyen kettős aszteroidáknak mind gravitációsan, az árapályerők ellenében, mind ütközésekkel szemben is stabilnak kell lenniük. A legkritikusabb a gravitációs erővel szembeni stabilitás: a perturbációk hosszú idő alatt eltávolodásra készíthetik a komponenseket, a rendszer felbomlik. Ez a kérdés az égimechanikai vizsgálatok tárgyát képezi még ma is. A becslések szerint kb.  $10^4$ – $10^7$  évig lehetnek stabilak, hacsak valamilyen erőteljes perturbáció nem szakítja szét a rendszert. Egyébként általánosan elfogadott az a nézet, hogy a kettős kisbolygók nem ütközések útján történő széttöredéssel keletkeztek, hanem — hasonlóan az idős üstökösökhoz — belső instabilitások következtében szakadtak szét.

A kisbolygók tömegének meghatározása a kisbolygók mozgásában megmutatkozó perturbációs hatások alapján lehetséges, de ismert méret (és térfogat) esetén, ésszerű átlagos anyagsűrűséget feltételezve, a tömegükre

közvetetten is következtetni lehet. Jó alkalom kínálkozik a perturbációk kiszámítására, ha két kisbolygó szorosan megközelíti egymást. Ilyen esemény nem is olyan ritka: H. G. Hertz felfedezte, hogy a 4 Vesta és a 197 Arete rendszeresen, kb. 18 évenként kerül szoros közelségbe, mintegy 0,01—0,03 cs. e.-re egymástól (1,5—4,5 millió km-re). Ezt az eseményt 1885-től hatszor lehetett megfigyelni, legközelebb 1994-ben lesz. (Hasonló előfordulhat az 1 Ceres és 324 Bamberga esetében is, a legutóbb 1944-ben 0,02 cs. e.-re közelítették meg egymást, az 1 Ceres és 534 Nassovia 1975-ben 0,022 cs. e.-re közelítette meg egymást, lassan, kb. 2,8 km/s relatív sebességgel hosszú idejű gravitációs hatást kifejtvén egymásra. A 65 Cybele és a 609 Fulvia is igen lassan haladt el egymás mellett 1970-ben, kb. 800 m/s relatív sebességgel.) Ilyen módszerrel a kisbolygók tömegét  $10^{-11}$  naptömeg pontossággal ( $2 \times 10^{22}$  g) lehet meghatározni. Schubart és Matson a Ceresre  $1,08 \times 10^{24}$  g, a Pallasra  $2,16 \times 10^{23}$  g és a Vestára  $2,76 \times 10^{23}$  g tömeget határozott meg, és az ismert átmérőkből a következő átlagos sűrűségeket kapták: Ceres  $2,3 \pm 1,1$ , Pallas  $2,6 \pm 0,9$ , Vesta  $3,3 \pm 1,5$  g/cm<sup>3</sup>. A kisbolygók tehát a Naprendszerben a bolygó méret alatti tartományt töltik be a tömegspektrumban, így a bolygókeletkezés „maradékanyagainak” tekinthetők.

A kisbolygók méretének meghatározására többféle módszert is alkalmaztak, kezdve a szálmikrométeres mérésektől a különféle interferometriai eljárásokon át (3. táblázat), az okkultációkon keresztül a polarimetriai és radiometriai (infravörös fotometriai) módszerekig, érintve a radarcillagászatot is. A kisbolygók zöme 10—100 km közti méretű, és 100 km-nél nagyobbak csak 112-t ismerünk (lásd az 1. táblázatot). A legnagyobb kisbolygókra a földközelségük idején 1894-től kezdődően (E. E. Barnard) végeztek mikrométerrel átméromeghatározásokat. Az első interferométeres mérési módszereket M. Hamy (1899) alkalmazta a Vestára, és 340 km-es átmérőt kapott, kisebbet, mint a mai érték. Tökéletesített mikrométeres és interferometrikus méréseket Dollfus és mások is végeztek az 1970-es években. A legpontosabb eljárás az okkultációk megfigyelése. Lehet, hogy a kisbolygó csillagot fed el, de az is lehet, hogy a Hold fedi el a kisbolygót. (A Pallasra 1979-ben L. H. Wasserman és mások egy csillagfedés alkalmával 2%-os átméromeghatározási pontosságot értek el.) A csillagfedéseknek hátránya, hogy nem minden földrajzi helyről figyelhetők meg az adott éjjel folyamán, hanem csak egy néhány száz kilométer szélességű sávban levő megfigyelőállomásokról. Évente mintegy 150—200 kisbolygó—csillag okkultáció fordul elő (a nevezetesebb aszteroidákra értve az előrejelzést, 10—13<sup>m</sup>-jű csillagokat figyelembe véve). A csillagfedésekhez képest a Hold által történő kisbolygófedések a megfigyelés oldaláról nézve kedvezőtlenebbek, mert a kisbolygó esetleges fázisa miatt az árnyékos részének nincs járuléka a mért fényességéhez, és csak azt észleljük, amikor a Hold a fényes részt fedi, és így kisebb méreteket kapunk a valóságosnál. Ezért célszerű az oppozíció idején mérni a fedéseket, de ilyenkor a Hold holdtölte fázisa

környékén van, így igen nehéz a túl fényes holdtányér mellett a halvány kisbolygó fényét egyidejűleg fotometriálni. T. Widom (1967) a polarimetriai módszert alkalmazta a méret meghatározására. Az infravörös fotometriai módszer, amelyet D. A. Allen és D. L. Matson (1970) alkalmazott először az aszteroidaátmérők meghatározására, kb. 10%-os hibával adja meg az átmérőket. A beérkező napfényenergia egyrészt visszaverődik a felszínről (a látható tartományban), másrészt elnyelődik, és infravörösben sugárzódik vissza termálisan. Így a láthatóban mért fényesség az albedóval, az infravörösben mért sugárzás pedig a kisbolygó méretével lesz arányos. A radarcsil-lagászati módszerek többek közt, a rotációs paraméterek és felszíni egyenet- lenségek kimutatása mellett, az egész aszteroida alakjának és méretének meghatározását is lehetővé teszik. Így például a 433 Erosra  $18 \times 16 \times 8$  km-es méret adódik.

A rádiócsillagászat eddig hat aszteroida felszínéről érkező gyenge rádióje- leket elemzett (1 Ceres, 324 Bamberga, 4 Vesta, 18 Melpomene, 31 Euphro- sine, 433 Eros). A regisztrált rádiójelek főleg a kisbolygók termális és felszíni kőzeteinek dielektromos tulajdonságairól hoznak információt a milliméteres—centiméteres hullámhossztartományban. Például a Ceres esetén (1975) a megfigyelhető jel fluxussűrűsége kb.  $0,37 \times 10^{-23}$  erg s<sup>-1</sup> cm<sup>-2</sup> Hz<sup>-1</sup> volt a centiméteres tartományban, a detektálható felszíni hőmérséklet 140—150 K közti, a felszín felső, 0,5 cm vastag rétege por (kb. 1,0 g/cm<sup>3</sup> átlagos sűrűséggel), és alatta bazaltreteget sikerült kimutatni (2,6 g/cm<sup>3</sup> átlagsűrű- séggel, ismeretlen vastagsággal).

A kisbolygók fotometriája alapján az S típusúaknak viszonylag nagy az albedója (9—40%) többnyire vörösödött a spektrumuk, míg a C típusúak- nak alacsony az albedója (1—6%), és neutrálisak (szürkék). Ez a durva spektrofotometriai osztályozás a későbbiekben tovább finomodott (4. táb- lázat; 5. és 6ab ábra). A kisbolygók durván 80%-ának a színekepe a szenes kondritokéhoz hasonlatos, 10%-nak a spektruma a kő-vas meteoritokéhoz áll közelebb. A legnagyobb albedójú kisbolygók a 44 Nysa (0,377), 64 Angelina (0,342), 434 Hungaria (0,300), 349 Dembowska (0,260), Vesta (0,229) felszíne a kondritokhoz hasonló ásványi összetételű lehet. A legki- sebb albedójúak egyike a 95 Arethusia (0,019), felszíne inkább szenes kond- rithoz hasonló ásványi összetételű.

Néhány aszteroida üstökösszerű kigázosodási jelenséget mutat. Ilyen a 884 Priamus (trójai), a 190 Ismene, 499 Venusia, 1162 Larissa, 1512 Oulu, 1746 Brouwer. Több távoli üstököst is megfigyeltek, amelyek magja körül mintegy néhány ezer kilométeres halvány CO, CN és C<sub>3</sub> gázburok fejlődött ki, és kb. 10-20 ívmásodperces kóma látszott.

## Alapvető kisbolygótípusok leírása

Tipus	Albedó	Spektrum	Ásványtan	Meteoritanalógia
C	alacsony	viszonylag egyenletes, gyenge spektrum-elemek	szilikát + szén	karbon-kondritok <sup>1</sup>
S	átlagos	vörösödött, Fe <sup>2+</sup> abszorpciók	szilikát + fém	kő-vas (H kondritok ?)
M	átlagos	enyhén vörösödött, spektrális elemek gyengék	fém vagy fém + seml. szilikátok	nikkel-vas enzstatit <sup>3</sup> kondritok
E	magas	egyenletes, spektrális elemektől mentes	semleges szilikátok	enzstatit + akondritok <sup>2</sup>
R	átlagos vagy magas	vörös, erős spektrális elemek	Fe <sup>2+</sup> , szilikátok	különböző vagy ismeretlen (rendellenes kondritok ?)
U	különféle	különleges	különféle	különféle vagy ismeretlen (bizonyos akondritok)

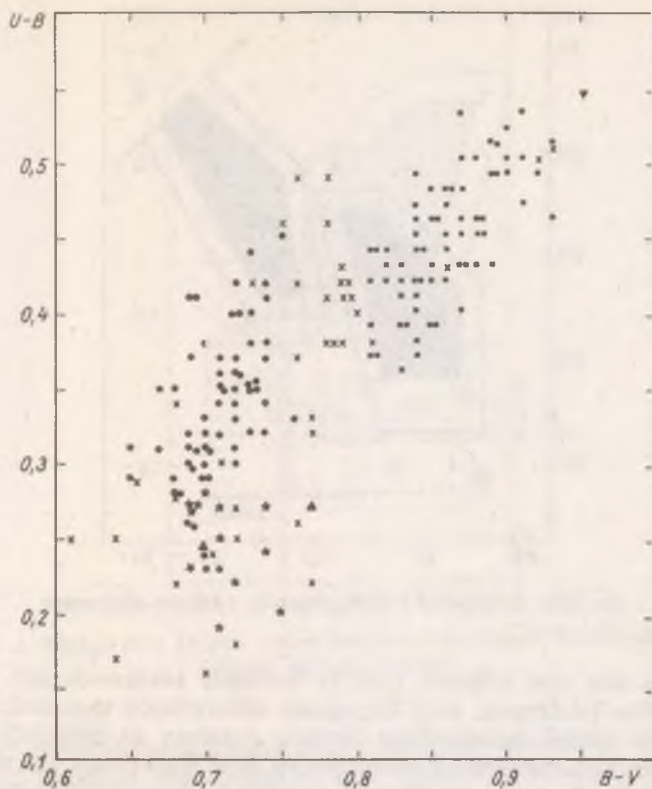
\* Léteznek még ezek különféle kombinációi, például CMUE (sem S, sem R), vagy SU, SM, MU, EU, MEU, CU, CEU, RU,... stb.

<sup>1</sup> Kondritok: szénben gazdag alabban beágyazott, kb. 1 mm-es ásványgömböcskéket tartalmazó meteoritok. Finomabb felosztásuk a fémtartalom alapján történik (fém- és széntartalom viszonya). A legősbibb meteoritikus anyag a Naprendszerben. Egy részük a kezdeti differenciálódáson keresztülment, övekbe rendeződött kisbolygók forgácsa (noha a kondritok maguk eredetileg nem mentek át differenciálódási folyamaton).

<sup>2</sup> Akondritok: a kőmeteoritok alig 10%-át alkotó meteoritok csoportja. Főleg piroxénekből állnak. Gyakori a kalciumban gazdag akondrittípus is. Ásványi összetételük: 2(MgO, FeO, CaO) · SiO<sub>2</sub>.

<sup>3</sup> Enzstatit: nagy szilíciumtartalmú akondrittípus. (Például 54,01% SiO<sub>2</sub>, 35,92% MgO, 0,97% FeO, 0,67% Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, 0,91% CaO, 1,32% Na<sub>2</sub>O, 0,10% K<sub>2</sub>O, 0,06% TiO<sub>2</sub>)



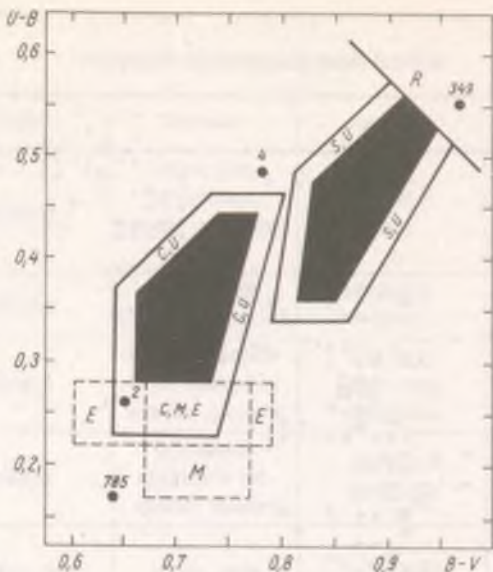


5. ábra. Az alapvető aszteroidatípusok elhelyezkedése az  $(U-B)-(B-V)$  kétszín-diagramon (kör: C, négyzet: S, háromszög csúccsal felfelé: E, csillag: M, háromszög csúccsal lefelé: R és X:U)

### A kisbolygók kialakulása és fejlődése

A Naprendszer kialakulásakor a protoplanetáris felhőből megkezdődött az ásványi anyagok kiválása, illetve a kivált kristályos anyag tömbökbe való rendeződése, amelynek eredményeképpen kialakultak a bolygók és a kis égitestek. A nagyobb bolygók elegendően sok energiát zártak belsejükbe ahhoz, hogy ez az energia azután az égitest további belső fejlődésének forrásává váljon. A kisebb égitestek azonban a kis méreteik miatt lényegesen kisebb belső fejlődésen, átalakuláson mentek keresztül.

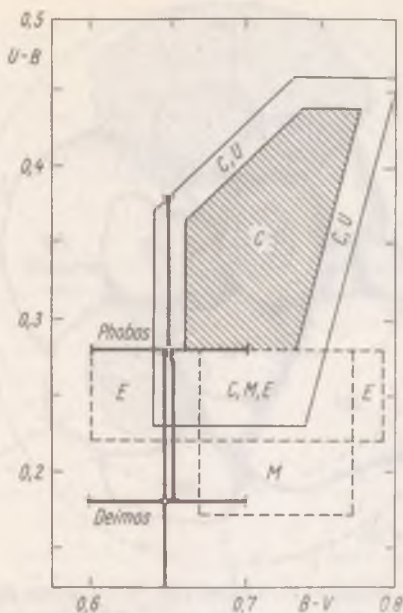
A kondritokat tartalmazó meteoritokban nem ment végbe differenciáló-



6a ábra. Az alapvető kisbolygótípusok a két szín-diagramon

dás, nem érte őket hőhatás, ezek az ősz-Napot körülvevő sűrű gáz- és porfelhőben keletkeztek, majd lényegében változatlanok maradtak szerkezetüket és kémiai összetételüket illetően. Azokban az üstökösökben és aszteroidákban, amelyek a protoplanetáris felhő azon részén alakultak ki, ahol a hőmérséklet nem volt elég magas az illékony komponensek elpárolgatatásához, a gáz és a por az eredeti formájában őrződött meg. Ezért is nagyon fontos a Naprendszer külső területeiről származó égitestek beható vizsgálata. Ezek izotóp-összetételéből a feltételezett preszoláris szupernóva (?) hatására is következtethetünk.

A gravitációs kristályosodás során a mikronos—milliméteres szemcsék kilométeres tömbökké, majd ezek planetézimálokká (bolygó- és kisbolygó-kezdemények), végül bolygó méretű testekké csomósodtak össze. A továbbiakban a tömegtől, mérettől és más kezdeti paraméterektől függően, a fejlődés az egyes kialakult bolygó- és (nagyobb) kisbolygótest belsejében folytatódott. Az összeállásból megőrzött és a radioaktív elemekben felhalmozott hőenergia differenciálódást eredményezett bennük. Az akondritok, kő-vas és vasmeteoritok és egyes kisbolygócsaládok tagjai a bizonyítékai annak, hogy a differenciálódás, övekbe rendeződés a néhány száz kilométer átmérőjű kisbolygótestekben is lezajlott. Attól függően, hogy a planetézimálok átmentek-e differenciálódáson, egyszerű magvú üstökös, illetve C típusú



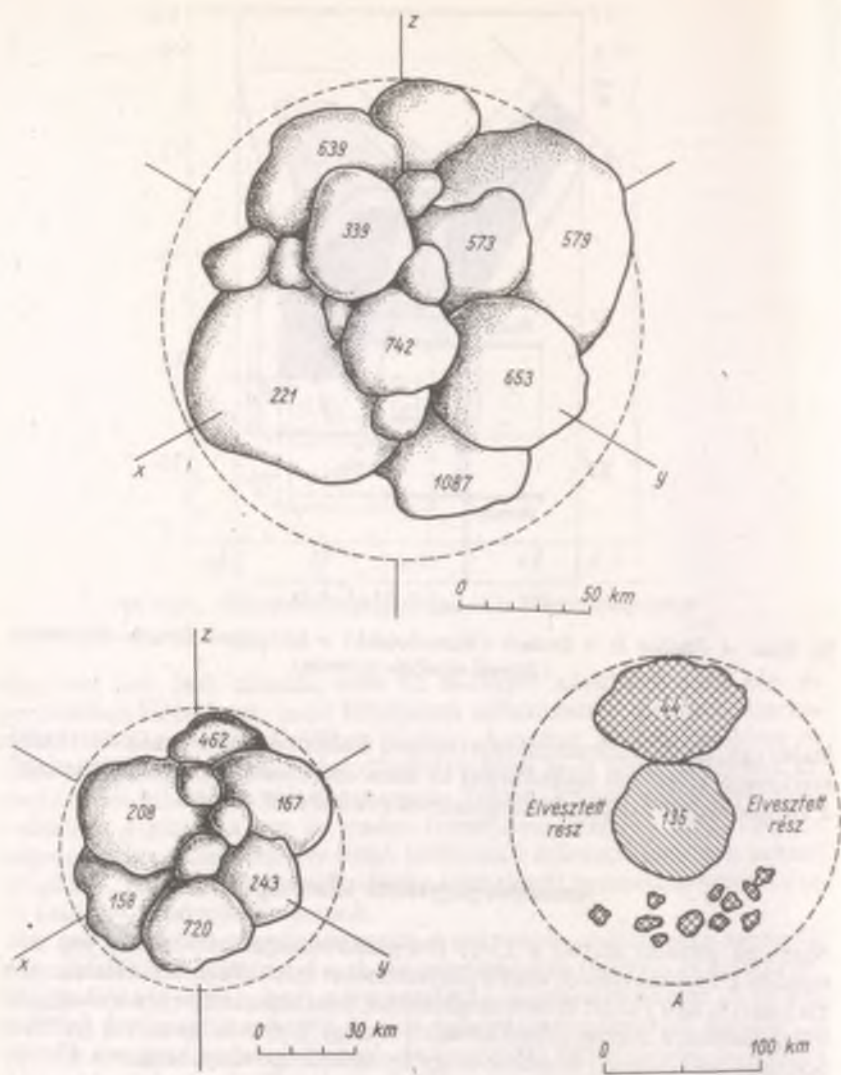
6b ábra. A Phobos és a Deimos (Mars-holdak) a kisbolygók kétszín-diagramján (Bowell munkája nyomán)

kisbolygó, illetve differenciálódott magvú üstökös és differenciálódott belső szerkezetű kisbolygó alakulhatott ki. Ezek szerkezetébe „bepillantathatunk” a széttöredezett kis testek vizsgálatával (7abcd és 8. ábra).

### Amatőrmegfigyelések lehetősége

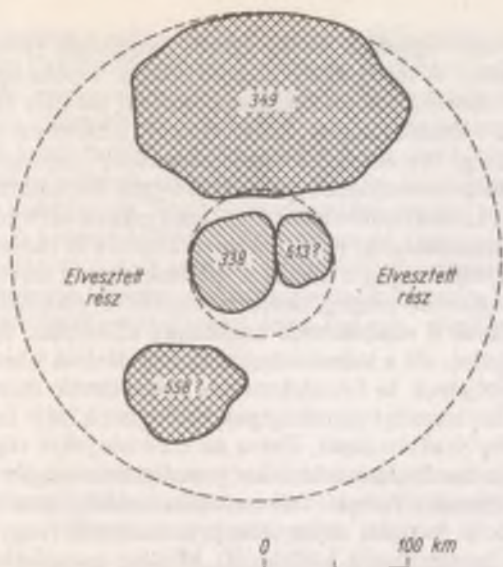
Marsden becslése szerint a 15-16 fotografikusmagnitúdó-határig ma már minden kisbolygó ismert, azaz a fényesebbeket már felfedezték. (Habár igen kis méretű, de a Földet erősen megközelítő, korábban ismeretlen kisbolygók felbukkanására mindig számíthatunk.) A nagy, fényerős távcsövek (például Schmidt-teleszkópok) feladata, hogy az ezeknél halványabbakat a 17—21 magnitúdó tartományban megtalálják és kövessék.

Az amatőrgyakorlatban rendelkezésre álló kisebb távcsövek és a deformálódó fotóanyagok miatt nem érdemes pozíciómeghatározással vagy kisbolygókereséssel foglalkozni. Az amatőrcsillagászok és műkedvelők számára azonban érdekes lehet fotografikusan megörökíteni egy-egy kivételes konstellációt: kisbolygó elhaladását nevezetesebb mélyég-objektumok előtt,

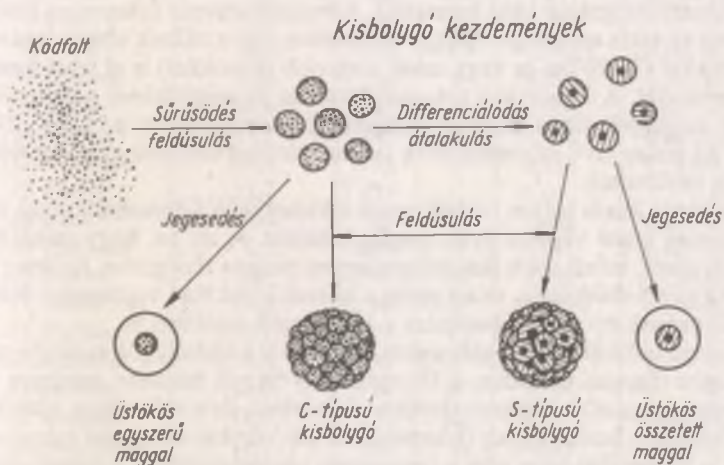


7abcd ábra. Néhány érdekesebb kisbolygócsalád és az ősök feltételezett mérete (burkológömb). A számok a nagy kisbolygó-katalógusbeli sorszámokat jelentik.

- a) Az Eos család sematikus rekonstrukciója  
 b) A Koronis család  
 c) A Nysa család



d) A Budrosa család. A mag a 338 Budrosa és a 613 Ginevra, mindkettő *M* típusú, míg a 349 Dembowska akondrit típusú és a differenciálódott akondritikus őstest köpenye



8. ábra. A Naprendszer kisebb égitestjeinek kialakulási sémája (planetézimálok részben differenciálódhatnak, vagy egyszerű akkrécióval primitív magvú üstökös vagy kisbolygó is keletkezhet)

kisbolygók és más égitestek látszó szoros közelségét (például csillagok, nagybolygók stb.). A fotografikus fotometriának a pontosabb és gyorsan eredményt adó fotoelektromos fotometria mellett ma már az egyedi objektumok (például változócsillagok, kisbolygók stb.) esetében nincs sok tudományos jelentősége (kiváltképp a vizuálisfényesség-„becsléseknek”).

Annál inkább érdemes foglalkozni a kisbolygók fotoelektromos fotometriájával, azokat az eszközöket használva, amelyeket a változócsillagok megfigyelésére is használhatunk. Nemzetközi színvonalú és tudományos igényű, komoly megfigyelési anyagot csakis a fotoelektromos módszerek adnak a változó fényű égitestek megfigyelésében. Ezeket az eszközöket ma már az amatőrcsillagászok is rendszeresen használják külföldön, és hazánkban is kezdenek elterjedni, sőt a számítástechnika fejlődésével lehetőség nyílik kis személyi számítógépek és fotoelektromos fotométerek összekapcsolására. A méréseket a kis személyi számítógépek vezérelhetik (idő- és intenzitásértékek kiolvasását, elraktározását, illetve az eredményeket rögtön ki is lehet íratni). Ma már, hazánkban is sok kis személyi számítógép van (Commodore, ZX stb. típusok), illetve — ami a legfontosabb — multipliercsövek és integrált áramköri szerelési anyagok is beszerezhetők (vagy komplett kész fotométerek is beszerezhetők külföldről). Minden komolyabb észlelés alapvető feltétele a jó óragép, illetve az óragép vezérléséhez szükséges elektronika megléte. Csak ezek után gondolhatunk fotoelektromos fotometriára (a blendében kell tartani a megfigyelni kívánt objektumot esetleg többször tíz másodperc integrálási időn keresztül). A fotoelektromos fotometria kevésbé igényes az extra minőségű optikai leképezésre, így a nálunk elterjedt távcsőoptikákkal (15-20 cm-es vagy ennél nagyobb tükrökkel) is el lehet kezdeni a fotometriát. A kisbolygók fotometrálásához jól megfelelnek a változócsillagok megfigyelésében használt nemzetközi színrendszerek: az UBV, RGU, UBVRT széles sávú színrendszerek (a színszűrőket célszerű gyárilag előállítottan beszerezni).

A világon kevés helyen foglalkoznak a kisbolygók fotometrálásával, ezért is érdemes lenne végezni ilyen megfigyeléseket. A cél az, hogy minél több kisbolygóról, minél több fázisszögre legyen pontos fénygörbe. Szükség van mind a rövid időskálájú, mind pedig a hosszú időskálán végbemenő fényességváltozások nyomon követésére a kisbolygók esetében is.

A rövid időskálájú fényváltozások méréséből a kisbolygók rotációs paramétereire (forgási periódus, a forgástengely térbeli helyzete, esetleges precessziós mozgása) következtethetünk elsősorban, de a méretükre, alakjukra és felszínüket borító anyag (kőzetek, por stb.) fizikai és kémiai tulajdonságaira is becsléseket lehet adni a fotometriai eredményekből. A tengely körüli forgás általában 3,5—22 óra periódusú, kb.  $0^m01$ — $0^m60$ , de legfeljebb  $1^m$  körüli amplitúdóval. Az amatörgyakorlatban, különösen a hazánkban gyakori instabil időjárási viszonyok miatt (az égi háttérfényesség gyorsan és nagyon ingadozhat, kevés az igazi csillagászati fotometriai értelemben vett

derült ég) nem szabad a néhány század magnitúdó amplitúdójú objektumokat észlelni, mert előfordulhat, hogy a mérendő jel elvesz a zajban. A néhány tized magnitúdó amplitúdójú objektumokat kell kiválasztani, amelyek az adott oppozíciós időszakban jól láthatók — jó, ha általában legalább 30°-kal a horizont felett tartózkodik a méréskor az objektum (5. táblázat). A bolygóforgási effektusok vizsgálatához kb. 3-4 percenként kell egy-egy pontot mérni a kisbolygóra, hogy elegendő számú ponttal lefedjük a ciklust a fénygörbéjén. A hosszú időskálájú fényváltozások tanulmányozására elég, ha naponta két-három pontot mérünk a kisbolygó fénygörbéjéből. A hosszú időskálán végbemenő fényességváltozás nyomon követése az abszolút fényesség, a fázisszögtől való függést leíró tag stb. meghatározását teszi lehetővé.

#### 5. táblázat

**A rotációs paraméterek meghatározására kiválasztott, illetve fotoelektromos megfigyelésre alkalmas kisbolygók listája (POLE program, Tedesco és Zappala, 1985. alapján)**

Kisbolygó	Fényesség oppozícióban* (mag)	Átmérő (km)	Típus	P (h)	Amplitúdó min- max. (mag)
2 Pallas	7,6	583	U	7,811	0,12—0,15
3 Juno	10,3	249	S	7,213	0,15
4 Vesta	6,5	555	U	5,342 ?	0,10—0,14
5 Astraca	11,8	116	S	16,812	0,21—0,27
9 Metis	10,9	168	S	5,064	0,06—0,31
10 Hygeia	11,1	443	C	17,495	0,09—0,21
12 Victoria	10,3	135	S	8,654	0,25—0,33
13 Egeria	12,7	133	C	21,04	0,12
14 Irene	10,5	68	E	6,422	? 0,04—0,10
15 Eunomia	8,5	261	S	6,081	0,42—0,53
16 Psyche	10,1	249	M	4,196	0,12—0,32
17 Thetis	11,6	97	S	12,275 ?	0,13—0,36
19 Fortuna	11,7	226	C	7,445	0,25
20 Massalia	10,4	140	S	8,098	0,17—0,24
21 Lutetia	10,9	114	M	8,167	0,15
22 Kalliope	11,0	175	M	4,147	0,14—0,30
26 Proserpina	12,5	88	S	10,60 ?	0,12
27 Euterpe	11,8	118	S	8,500	0,15
28 Bellona	12,4	109	S	15,695	0,21
29 Amphitrite	10,5	199	S	5,390	0,08—0,13

Kisbolygó	Fényesség oppozícióban* (mag)	Átmérő (km)	Típus	P (h)	Amplitúdó min— max. (mag)
30 Urania	11,1	95	S	13,686	0,14
31 Euphrosyne	10,9	270	C	5,531	0,08
32 Pomonia	11,6	92	S	9,443	0,20
39 Laetitia	11,4	158	S	5,138	0,18—0,54
41 Daphne	10,0	204	C	5,988	0,38
42 Isis	12,5	104	S	13,59	0,32
43 Ariadne	10,3	78	S	5,751	0,15—0,66
44 Nysa	10,5	68	E	6,422	0,22—0,50
51 Nemausa	11,1	156	U	7,785	0,14
52 Europa	12,2	291	C	5,631	0,09
55 Pandora	12,8	185	CMEU	4,804	0,24
63 Ausonia	12,1	94	S	9,297	0,47
64 Angelina	12,7	60	E	8,750	<0,2?
79 Eurynome	11,8	80	S	5,979	0,05
80 Sappho	12,7	84	U	14,05?	>0,07
85 Io	12,4	149	U	6,875	0,15
87 Sylvia	12,4	251	CMEU	5,183	0,42
88 Thisbe	11,7	214	C	6,042	0,19
93 Minerva	11,5	170	C	5,979	?
94 Aurora	12,5	191	C	7,22	?
95 Arethusa	12,0	168	C	8,688	<0,4
110 Lydia	12,0	102	U	10,927?	0,11—0,20
113 Amalthea	12,1	49	U	9,935?	>0,20
115 Thyra	10,6	95	S	7,241	0,20
125 Liberatrix	12,7	103	CMEU	3,969	0,35
133 Cyrene	12,5	72	S	12,708	?
135 Hertha	10,7	79	M	8,40	0,1
165 Loreley	12,8	228	C	4,?	?
192 Nausikaa	9,5	99	S	13,622	0,22—0,42
196 Philomela	11,7	162	S	8,32	0,35
201 Penelope	12,6	144	CMEU	3,747	?
216 Kleopatra	10,2	236	CMEU	5,385	0,40
287 Nephthys	12,3	68	SU	7,603?	>0,2
313 Chaldea	12,6	108	C	10,080	0,23
349 Dembowska	11,4	145	R	4,701	0,31—0,40
354 Eleonora	11,0	156	U	4,277	0,07—0,30
372 Palma	11,8	196	CEU	8,67	0,4
409 Asparia	11,4	194	C	9,03	<0,4
423 Diotima	12,6	209	C	4,622	?
451 Patientia	11,3	281	C	9,727	?—0,1
511 Davida	10,5	335	C	5,130	0,06—0,25
532 Herculina	10,8	219	S	9,406?	0,08—0,18
556 Phyllis	12,7	40	S	4,283	?
599 Luisa	11,5	65	S	9,566	0,15
704 Interamnia	10,5	338	U	8,723	0,05—0,11

\* Az oppozíció idején a megadottnál általában fényesebbek a kisbolygók az ún. oppozíciós effektus miatt, ami lényegében a fényesség fázisszögtől való nemlineáris függésében nyilvánul meg, és a többszörös fényzórással hozható kapcsolatba (Bowell és Lumme, 1979). Itt ez a hatás kb. 1 magnitúóval növelheti az oppozíciós fényességeket.



A mérésekhez összehasonlító csillagokra is szükség van (egy „fő” összehasonlítóra és egy „ellenőrzőre” is), amelyek lehetőleg a Napéhoz hasonló színképtípusúak legyenek, és fényességben ne térjenek el a mérendő objektumtól 1—1,5 magnitúdónál jobban. A kisbolygót előrejelzések alapján azonosíthatjuk. Lehetnek az előrejelzések katalógusokban, évkönyvekben, folyóiratokban, táblázatban vagy akár térképpel is adottak, de kis számítógépek segítségével magunk is előre számíthatjuk az efemeriseket az ismert pályaelemekből a kívánt időszakra.

A kisbolygóra vonatkozó méréseket közrefogó összehasonlító és háttérméréseket mint lineáris interpolációs alappontokat kell figyelembe venni, és a következő módon számíthatjuk ki a mért fényességeltérést magnitúdókban a kisbolygó és a fő összehasonlító között:

$$\Delta m = m_v - m_o = -2,5 \lg \frac{I_v(t) - I_b(t)}{I_o(t) - I_b(t)}$$

ahol  $m_v$  a változó (kisbolygó),  $m_o$  az összehasonlító fényessége magnitúdóban (a kettő különbségét, a  $\Delta m$ -et keressük),  $t$  a változó (kisbolygó) mérési időpontja,  $I_v$  a változó (kisbolygó) fotométerrel mért intenzitása (feszültség vagy beütésszám),  $I_b$  az égi háttérfényesség mért értéke,  $I_o$  az összehasonlító csillagra mért intenzitás értéke. A mért összehasonlító és háttérértékeket mindig a változó mérési időpontjához kell interpolálni.

A gyakorlatban már jó eredményt ad, ha a mért (instrumentális)  $\Delta m$  értékeket rajzoljuk fel, a fenti képletből kiszámítva azokat, de amennyiben arra szükség van, a kisbolygó fényességét a nemzetközi UBV-ben is megadhatjuk, ha elvégeztük a mérőrendszerünk és a nemzetközi színrendszer közti transzformációt, azaz az általunk mért UBV fényességeket a nemzetközi rendszerbe transzformáljuk.

### Vizsgálatok űreszközökkel

Az első kisbolygó helyszíni vizsgálatára a tervek szerint a NASA GALILEO-programja keretében kerül sor. A Jupiter felé indítandó szonda (9. ábra) pályája mentén azt vizsgálták számítógépekkel, hogy a 3600 katalogizált (1980-as évek eleje) kisbolygó közül melyek tartózkodhatnak túl veszélyes közelségben a szondához, és hogyan kell megtervezni a szonda pályáját a nemkívánatos ütközési veszély elkerülésére. Kiderült, hogy csak a 29 Amphitrite nevű, a sorban a 12. legfényesebb kisbolygó kerülne igen közel a szonda pályájához, mintegy 10 000 km-re. Ez a kisbolygó egyébként kb. 200 km átmérőjű, 10 000 km-es megközelítése esetén a szonda képfelvévő rendszere mintegy 200 m-es alakzatokat tudna felbontani. A szonda startjá-



9. ábra. A GALILEO szonda (fantáziarajz)

ra 1986. május 21-én kerülne sor, és a kisbolygóval 1986. december 6-án találkozna a tervek szerint. Ahhoz, hogy a kisbolygó megközelítése után olyan pályán haladjon, amelyen eljuthat a Jupiterhez, 1987. február elején pályamódosításokat kell majd végrehajtani. Az eredeti Föld—Jupiter úti-terv helyett, a kisbolygó megközelítését is beiktatva a tervbe, kb. 3 hónapos késéssel érkeznek majd a Jupiter rendszerébe, és a kisbolygó meglátogatása 10—20 millió US dollár többletköltséget jelent majd (1984). A Jupiterhez 1988 decemberében érkezne. (A terv megvalósítását megghiúsította az 1986-os Challenger-katasztrófa.)

A szonda 1138 kg tömegéből 932 kg-ot tesz ki a pályamódosításokhoz szükséges üzemanyag. A tudományos műszer-csomag több mint 100 kg. A kisbolygó tanulmányozására szolgáló műszerek a szonda majdani Jupiter orbiter részének fedélzetén foglalnak helyet. A Földdel való kapcsolattartását egy 4,8 m átmérőjű parabolaantenna teszi lehetővé. (Az elektromos berendezéseket a Jupiter közeli erős elektromágneses terek káros hatásaitól speciális védelem óvja. Az elektromos energiát termoelektromos generátor biztosítja kb. 1 kW teljesítménnyel, és a starttól számított hat év elmúltával is az eredeti érték 85%-át szavatolják a gyártók az energiaellátó rendszer teljesítményére.) Az orbiter-rész műszerei: tv-kamera CCD-érzékelővel, infravörös-spektrométer a 0,7—5,2  $\mu$ -os tartományban, ultrabolya-spektromé-

ter, magnetométer, nagy energiájú részecskék detektora (elektronok, protonok, nehéz ionok), plazmadetektor és plazmahullám-spektrométer, valamint pordetektor.

A NASA CORE-programja a Naprendszer égitestjeit kutató űreszközök indítását tűzi ki célul az ezredfordulóig. Többirányú a program, ugyanis szerepel benne a Vénusz radarral történő térképezésére hivatott űrszonda felbocsátása (VRM, *Venus Radar Mapping*) 1988-ban, a Mars geológiai és klimatológiai vizsgálatát végző orbiter (1990), üstökös- és aszteroidarandevűk (1990—1992), valamint a Titán-szonda indítása (radartérképező, 1988—1992). A CORE-program általános tudományos célkitűzései a Naprendszer keletkezésének és fejlődésének felderítésére, a Föld és más bolygók összehasonlító planetológiai vizsgálatára, a Naprendszer kémiai, fizikai fejlődésének és az élet kialakulásának kérdésére, a Föld környezete és erőforrásai kutatásának kérdésköreire irányulnak. A program kivitelezhetősége a közepes technikai nehézsége és a viszonylagos olcsósága miatt lehetséges. Az általános célkitűzések megvalósítása érdekében további tervek is szóba kerültek a program kialakításakor: a belső bolygók (a Merkúr, Vénusz, továbbá ide sorolva a Föld, a Hold és a Mars) további vizsgálata, a kisebb égitestek részletesebb vizsgálata (például aszteroidafelszíni mintavétel), valamint a külső bolygók (különösen a Szaturnusz és Uránusz) tanulmányozása. Az aszteroidarandevűk esetén az aszteroida tömegének, felületének és belső szerkezetének felderítése, az esetleges saját mágneses terének a kimutatása lenne az elsődleges cél. A CORE-program kisebb égitesteket felderítő űrvállalkozásai három elkülönült tervre épülnek: az első a Wild 2 periodikus üstökös és a 476 Hedwig nevű kisbolygónak a meglátogatása (1991 és 1997 között), a másik a Földet megközelítő Apollo aszteroidák felderítése (1989 és 1994 között), a harmadik pedig a Mars és Jupiter pályája közti fő aszteroidaövbéli kisbolygók (az eddigi tervek szerint hét darab) egymás utáni meglátogatása (Flora, Medusa, Ariadne, Hygeia, Budrosa, Germania, Pentheseilea 1992 és 2006 között).

A nyugat-európai államok űrkutatási szervezete (ESA) is tervet dolgozott ki több kisbolygó egymás utáni felkeresésére. Ez az ún. AGORA-program (*Asteroid Gravity, Optical and Radar Mapping*). Az egyes aszteroidákat 5—10 km/s relatív sebességgel, kb. 500 km-re közelítené meg, és egyet közülük körbe is repülne, részletesen feltérképezné annak gravitációs terét és felszínét. Fedélzetén lenne egy televíziós képfelvevő rendszer (50 m-es felbontást lehetne elérni 1000 km-ről), egy infravörös-spektrométer a 0,8—4  $\mu$ -os tartományra (ásványtani vizsgálatok, hőmérsékletmérés), radar a felszíni magasságmérésre, továbbá próbatest a kisbolygó körüli gravitációs tér felderítésére (mikroakcelerométer, aminek a méréseiből a kisbolygó belső szerkezete, tömegeloszlása felderíthető). További műszereivel a bolygóközi tér paramétereit mérné útközben is.

A TRIAD file, a leningrádi kisbolygó-adatközpont pályaelemei és más

adatok alapján a szovjet űrkutatási intézetben is kiválogattak olyan kisbolygókat, amelyek alkalmasak lehetnek helyszíni vizsgálatokra. Elsősorban a Föld és a Mars pályáját metsző aszteroidákról van szó.

A tervezett űrvállalkozások idején, meghatározott kampányszerű megfigyelési időszakokban, a kisbolygók és üstökösök megfigyelésében részt vesz az MTA Csillagászati Kutató Intézet is.

## ÉVFORDULÓK 1987-BEN

### Alvan Clark

Száz éve, 1887. augusztus 19-én hunyt el Cambridgeportban Alvan Clark amerikai csillagász és optikus.

1804. március 8-án született Ashfieldben (Massachusetts állam). Eredetileg grafikus és arcképfestő volt, majd 1844-ben Cambridgeportban kezdett a csillagászat iránt érdeklődni és távcsövekkel foglalkozni. Egy egész sor nagy átmérőjű lencsés távcsövet készített. Fiaival együtt optikai céget alapított. Georg Basset Clark a mechanikai, Alvan Graham Clark az optikai munkálatokat irányította. Híresebb távcsövei: a 66 cm-es refraktor (Washington), a 76 cm-es (Pulkovó) és a 91 cm-es (Lick Observatory). A Yerkes Observatory számára készített 102 cm átmérőjű refraktort már fiai fejezték be. Ez utóbbi ma is a legnagyobb átmérőjű lencsés távcső.

1862. január 31-én fiával, Alvan Grahammal felfedezte a Sziriusz kísérőjét.

### Josef von Fraunhofer

Kétszáz éve, 1787. március 6-án született Straubingban Josef von Fraunhofer német fizikus. Apjának üvegesüzeme volt, és Fraunhofer is üvegcsiszolóként kezdte munkásságát. 1806-tól a neves Reichenbach és Utzschneider optikai cég alkalmazottja lett. 1818-ban már a cég igazgatója. 1823-ban vállalatával együtt Münchenbe költözött, és ettől kezdve a müncheni egyetem tanára is volt.

Kitűnő minőségű optikai lencséket készített, többek között a dorpati csillagvizsgáló 24 cm átmérőjű műszerét is. Hírnevét az akromatikus objektív feltalálásával alapozta meg. Dolland elvét felhasználva egy 16 cm-es kettőskép-mikrométert (Fraunhofer-féle heliométer) készített, melynek segítségével határozta meg W. Bessel a 61 Cygni parallaxisát. Az égitestek színképének tanulmányozására ő használt először diffrakciós rácsot.

Tudományos eredményei közül kiemelkedik a Nap színképében található (Wollaston által már korábban felfedezett) sötét vonalak részletes tanulmányozása 1814-ben. Ezeket a vonalakat ma Fraunhofer-vonalaknak nevez-

zük. Körülbelül 600 vonalat figyelt meg, ezek közül 324-nek a pontos helyét is megadta. A legerősebb vonalakat az ábécé nagybetűivel jelölte, amely jelenleg is használatban van (például az ionizált kalcium H- és K-vonala).

Fraunhofer a színképelemzés csillagászati alkalmazásával a modern asztrofizika megalapozójának tekinthető.

1826. június 7-én hunyt el Münchenben.

### Szergej Pavlovics Glazenap

Ötven éve, 1937. április 12-én hunyt el Szergej Pavlovics Glazenap szovjet-orosz csillagász. 1848. szeptember 13-án született a Tverszkij tartománybeli Pavlovskban. A tverszkiji gimnáziumban megkezdett tanulmányai után Pétervárot, Rómában, majd ismét Pétervárot tanul. A Jupiter-holdak fogyatkozásainak megfigyeléseiről írt dolgozata alapján avatják csillagász-szá, majd a pulkovói obszervatóriumba kerül megfigyelőnek. 1874-ben részt vesz Kelet-Szibériában a Vénusz-átvonulás megfigyelésén. Nyolcéves pulkovói tartózkodás után a pétervári egyetemre hívják meg, ahol először magántanár, majd 1885-ben professzornak nevezik ki. Később a Szovjet Tudományos Akadémia tiszteletbeli tagjának is megválasztják. Ő alakítja meg 1890-ben az Orosz Csillagászati Társaságot. Tudományos tevékenysége a refrakció elméletére és főképpen a kettőscsillagok tanulmányozására esik. A kettőscsillagok pályaszámítására kidolgozott módszere „Glazenap-módszer”-ként ismert. Foglalkozott a csillagparallaxisok mérésével (61 Cygni,  $\alpha$  Lyrae), több matematikai és csillagászati táblázatot szerkesztett. Sok népszerűsítő munkát is írt.

### Murmann Ágoston

Százötven éve, 1837-ben született Pozsonyban Murmann Ágoston magyar csillagász. 1856-ban a bécsi műegyetemen tanul, két év múlva a bécsi egyetem fizikai intézetében Stefan tanítványa, majd gyakornok az egyetemi csillagvizsgálóban. Ezután a prágai Károly Egyetem csillagászati tanszékének tanára és az obszervatórium asszisztense. 1871-ben hazatér, az újonnan alapított Meteorológiai és Földdelejességi Központi Intézetben Schenzel Guidó igazgató obszervátora; röviddel később azonban, 1872. október 22-én a kolerajárvány áldozataként elhunyt.

Főleg égimechanikával és ezen belül a perturbációk számításával foglalkozik, ebben — kortársainak véleménye szerint — „rendkívüli fáradozást és roppant kitartást” fejt ki. Mintegy 30 kisbolygóról és 15 üstökösről végez igen pontos pozíciómérést. Számos kisbolygó és üstökös pályaszámítását és pályajavítását végzi el, több kisbolygóra tökéletesített efemeriseket számít.

Részt vesz az Európai Fokmérés munkálatainak számolásában is. Magyar nyelvű értekezései az Akadémia *Értesítőjében* (1861) és matematikai *Értekezéseiben* (1871—1873) jelennek meg.

### Tass Antal

Ötven éve, 1937. január 17-én hunyt el Budapesten Tass Antal magyar csillagász.

Temesrékason született 1876. április 14-én. Egyetemi tanulmányait Budapesten végzi, tanári oklevelet kap, 1899-ben az akkor állami kezelésbe vett ógyallai Asztrofizikai Observatóriumban nyer alkalmazást adjunktusként. 1904-ben obszervátorrá, 1913-ban címzetes aligazgatóvá, 1916-ban (Konkoly-Thege halála után) aligazgatóvá nevezik ki.

Eleinte a rutinmegfigyelésekkel: napfoltfényképezés, meteorészlelés, időmeghatározásokkal foglalkozik, majd Harkányi Béla biztatására a fényességméréssel kezd foglalkozni. Különböző vizuális fotométerekkel igen nagy mennyiségű fénymerést végez egy sereg változócsillagról, 1908-ban pedig (Czuczay Emillel, Fejes Zsigmonddal és Terkán Lajossal) megkezdí az égi egyenlítő-től délre fekvő  $7^m 5$ -nál fényesebb csillagok fotometrikus katalógusának összeállítását. 1912-től, ugyancsak Terkánnal, hozzálát a fényképezéssel végzett fényességekatalógus elkészítéséhez, ez a munka azonban az első világháború kitörése miatt félbeszakad. Ő kezdte meg a hazánkban azóta tradicionálissá vált változócsillag-megfigyeléseket, amelyeket 1925-ben *Változócsillagok photometrikus megfigyelése* címmel közölt.

Amikor Ógyallát 1920-ban Csehszlovákiához csatolják, nagy erőfeszítések árán a műszerállomány nagy részét és a könyvtárat Budapestre hozza. Itt sikerül elérnie, hogy az állami szervek és egyetemek közreműködésével 1921. március 1-én kimondják egy budapesti csillagvizsgáló építését, amelynek szervezése rövidesen megkezdődik, és az intézet igazgatójává 1923-ban Tass-t nevezik ki. Tass sok ismeretterjesztő cikket is írt, 1924-ben Wodetzky Józseffel megalapítja a Stella Csillagászati Egyesületet. Hatékonyan szorgalmazza a magyar csillagásztörténeti kutatásokat is.

### Johannes Hevelius

Háromszáz éve, 1687. január 28-án hunyt el Danzigban Johannes Hevelius német csillagász.

1611. január 28-án született Danzigban. (Családi neve Hewelcke.) Jogi tanulmányokat folytat, majd apja sörfőzdéjét irányítja. 1641-ben Danzigban obszervatóriumot épített, amelyet pontos szögérésre szolgáló műszerekkel, szextánsokkal és kvadránsokkal szerelt fel. Készített távcsöveket is,

köztük a legnagyobb gyújtótávolsága 45 m volt. 1647-ben jelent meg *Sele-nographia* című műve, amely az első részletes holdtérképet tartalmazta. A holdfelület sok képződményét ő nevezte el. 1668-ban *Cometographia* című művében az első átfogó összefoglalását nyújtja az addig megfigyelt összes üstökösnek. Azt találta, hogy az üstökösök parabolapályán mozognak. Maga is több üstökösöt fedezett fel. 1687-ben csillagatlaszt ad ki; az 1564 csillagot tartalmazó katalógusa pedig halála után, 1690-ben jelenik meg. Ebben a csillagok koordinátái pontosabbak voltak, mint Tycho Brahe hasonló katalógusában. Több csillagkép neve is tőle származik (például Vadászebek, Szextáns stb.). Foglalkozott még napmegfigyeléssel és a bolygók, különösen a Szaturnusz természetével.

### Henry Draper

Százötven éve, 1837. március 7-én született Prince Edward Countyban (Virginia állam) Henry Draper amerikai csillagász.

Eredetileg orvos volt, és a lép működéséről írott cikkével az orvostudományban is hírnévre tett szert. 1861-ben New Yorkban a fiziológia és az analitikai kémia tanára lett. 1858-ban kezdett el csillagászzal foglalkozni, és egy 40 cm átmérőjű tükörteleszkópot készített a Hastingson-Hudsonban levő magánobszervatóriumában. Úttörő jelentőségű munkássága van a fényképezés csillagászati alkalmazásai területén. 1,30 m átmérőjű holdfényképet is készített. A csillagok színképeit is tanulmányozta, és elsőként készített spektrumfelvételeket [ $\alpha$  Lyrae (Vega) 1872-ben]. 1882. november 20-án bekövetkezett halála után özvegye nagy összeget adományozott a Harvard Observatorynak, aminek a felhasználásával készítették el a Henry Draper (HD) Katalógust. Ez a katalógus 225 000 csillag spektráltípusát tartalmazza.

\*

Ötven éve, 1937-ben jelent meg Kukarkin és Parenago *Fizikai Változócsillagok* című katalógusának első kiadása.

Száz éve, 1887-ben jelent meg Oppolzer híres munkája, a *Canon*, amely 8000 napfogyatkozás és 5200 holdfogyatkozás adatait adta meg.

Kétszáz éve, 1787-ben fedezte fel W. Herschel az Uránusz két holdját, az Oberont és a Titániát.

Háromszáz éve, 1687-ben jelent meg I. Newton korszakalkotó munkája, a *Philosophiae Naturalis Principia Mathematica*.

Négyszáz éve, 1587-ben vezették be Magyarországon a gregorián naptárt.



## A FINNORSZÁGI AMATŐRCSILLAGÁSZATRÓL

A Csillagászat Baráti Köre finnországi testvéregyesületétől, a Helsinki központtal működő URSA klubtól, 1985 januárjában kedves meghívás érkezett a TIT Természettudományi Országos Titkárságára, két fő részére a klub tamperei országos találkozójára. Az 1985. augusztus 30. és szeptember 1. között megrendezett találkozóra a TIT Központ kiküldetésében Schlosser Tamással, a *Föld és Ég* rovatszerkesztőjével utaztunk el. Finn vendéglátóink (a Lahti—Tampere—Turku—Helsinki útvonal mentén működő URSA klubok, az érintett városok tanácsai közművelődési osztályai, valamint a Finn—Magyar Baráti Társaság, mint ott-tartózkodásunk összes költségeinek viselői) a szoros értelemben vett tamperei találkozón túl lehetővé tették a jelzett városokban működő helyi URSA klubok, csillagvizsgálók stb. meglátogatását is. Emellett felkerestük a tamperei planetáriumot, számos magánobszervatóriumot, de sor került a tamperei egyetem ún. Posztgraduális Továbbképző Intézetének és a Finn—Magyar Baráti Társaság tamperei elnökségének meglátogatására is. Utunk során három előadásban számoltunk be a TIT szervezeti felépítéséről és munkamódszeréről, valamint a Csillagászat Baráti Köre és általában a hazai amatőrcsillagászati mozgalom helyzetéről és tevékenységéről. A látottak és tapasztaltak alapján már megkísérelhető a finnországi amatőrcsillagászati mozgalom múltjának és jelenének vázlatos ismertetése.

### Az URSA Csillagászati Társaság

Jelenleg 21 csillagászati és egy asztronautikai társaság működik Finnországban. A legrégebbi és egyben a legnagyobb, amely főként Helsinkiben és környékén dolgozik, az URSA Csillagászati Társaság (Tähtitieteellinen Yhdistys URSA), amely körülbelül olyan szakmai-módszertani irányító szerepet tölt be a többi URSA klub felett, mint nálunk a budapesti Uránia Csillagvizsgáló, jóllehet az URSA klubok és a „központi” klub között nincs olyan szoros szervezeti egység, mint nálunk a vidéki urániák és a budapesti

között, amelyeket a TIT-hez való tartozásuk ténye szervezetileg szorosabban kapcsol össze.

A helsinki URSA klubot 1921. november 2-án alapította Yrjö Väisälä professzor. Az URSA név értelemszerűen az Ursa Maior és az Ursa Minor csillagképekből ered. A klub emblémáján a helsinki URSA klub csillagvizsgálója és az Ursa Maior csillagkép látható, mely utóbbi finn neve: Otava. Az URSA összekötő kapocs az egymástól földrajzilag igen nagy távolságokra, eltérő észlelési körülmények között dolgozó finn amatőr csillagászok között, és természetesen a legfrissebb csillagászati-űrkutatói eredmények és ismeretek közvetítője mindazok felé, akiket érdekel a csillagászat. A társaságnak jelenleg kerekén 6000 tagja van, de sok ezer olyan ember él Finnországban, akiket érdekel a csillagászat, jóllehet hivatalosan nem tagjai egyik URSA klubnak sem. Ők főként az URSA csillagvizsgálókban találkoznak a csillagászokkal és a csillagászat érdekességeivel, mint ahogy a központi URSA klub Helsinkiben működő központi könyv- és folyóirattárának is látogatói, és a társaság kiadványai olvasóinak egy része is a nem URSA-tagok közül kerül ki.

Az URSA tagsága nagyjából egyenletesen oszlik el a legkülönbözőbb társadalmi rétegek és foglalkozási ágak között. A tagság zömét az ifjúság képezi. Harminc külföldi tagot is nyilvántartanak. Emellett csaknem minden hivatásos finn csillagász is tagja az URSA-nak! Az URSA-tagság jelenleg öt kategóriára oszlik: rendes tagok, örökös tagok, tiszteletbeli tagok, ún. szervezeti (közületi) tagok és pártoló tagok.

A rendes tagság felnőtt, ifjúsági és családi tagságra oszlik. Rendes tag lehet minden, legalább 18 éves személy. Tagsági díjuk évi 70 finn márka. A 18 évesnél fiatalabbak az ifjúsági tagságért évi 50 márkát fizetnek. Ha egy családban legalább egy rendes tag van, úgy a család minden további tagja is URSA-tag lehet 15 márka befizetése ellenében! Ez utóbbiak azonban nem kapnak külön illetménylapokat, de minden más tekintetben azonosak a jogaik a rendes és az ifjúsági tagok jogaival. Örökös tagok azok, akik legalább húsz éve tagdíjat fizetnek, és 1958-nál nem később léptek be a társaságba. Az 1958 után belépettek nem válhatnak örökös tagokká. Az örökös tagok csak egy kis összeget fizetnek a kiadványokért. Tiszteletbeli tagokká azok válhatnak, akik kiemelkedően sokat tettek az URSA-ért. Ők egyáltalán nem fizetnek tagsági díjat. Szervezeti (közületi) tagság azt a néhány iskolát illeti meg, amely mint intézmény vált az URSA tagjává. Ők a rendes tagság díját fizetik. Pártoló tag lehet mindenki, aki legalább 250 márkát fizet be az URSA javára. Gyakorlatilag azonban nincs pártoló tagság, csak néhány örökös és néhány közületi tagot tartanak nyilván, akik évi 20—100 márkát adományoznak az URSA javára.

## Az URSA csillagvizsgálók

Helsinki déli részén, a tengeröböl közelében, a Kaivopuisto parkban levő kis domb tetején, +20 m tengerszint feletti magasságban áll az URSA klub 1926-ban épített, 3,5 m átmérőjű kupolát hordozó bemutató csillagvizsgálója, amelyet Helsinkiben egyszerűen csak „URSA” néven emlegetnek (long.: 24° 57' 31,3 E; lat.: 60° 09' 20,0 N). Itt ma már főként csak bemutatások folynak, mivel a városi fények és a tengeri pára nem vagy csak alig teszi lehetővé a tudományos igényű megfigyeléseket. A csillagda főműszere egy 1890-ben készült, 135/1950-es Merz-refraktor, amely már ránézésre is a budapesti Uránia hangulatát idézi. A műszert 1928-ban vásárolták. Ottjártunk alkalmával, a korán beköszöntő finn ős borongós napjai egyikén — szeptember első hetében! — éppen a lenyugvó Nap felhőkön áttörő korongját mutatták be a látogatóknak. A főműszerrel párhuzamosan felszereltek egy néhány éve vásárolt, 90/1300-as, igen nehéz — fatubussal épült —, Németországból származó refraktort is. Építője ismeretlen. E fatubusos „vezető” távcső igen nehéz szerelése miatt a műszeregyüttest jelenleg csak elektromos meghajtással lehet használni, annál is inkább, mert a másik oldalon további kiegészítő távcsöveket szerelnek fel fotografikus munkák és napészlelés céljára. A nyitvatartási időt Helsinki sajátos finn földrajzi fekvése és éghajlata szabja meg. Tavasszal februárban és márciusban, ősszel pedig szeptemberben, októberben és novemberben fogadnak látogatókat — ha az idő engedi, a hét minden napján! Derült idő esetén bemutatási időben nincs hiány, hiszen februárban 16.33 és 17.44 között, márciusban 17.46 és 20.01 között nyugszik a Nap Helsinkiben. Szeptember elején még 20.25, a végén azonban már 17.57 a napnyugta időpontja. Októberben 17.54 és 16.27, novemberben 16.25 és 15.23 közé esik. A nyári hónapok bemutatásra és észlelésre majdnem teljesen alkalmatlanok. Ezeket az észlelési „viszonyokat” bizony meg kell szokni. Számunkra szinte elképzelhetetlenek ezek az egyfelől egyre hosszabbodó, másfelől egyre rövidülő éjszakák. A kép azonban csak akkor teljes, ha megemlítjük, hogy észak felé haladva a nappalok hossza drasztikusan változik. Az ország közepén levő Ouluban például — még jóval a sarkkör alatt — június 21-én 00.22-kor nyugszik és 2.17 órákor kel a Nap! És még itt is van URSA obszervatórium. De Utsjokiban, az ország legészakibb peremén május 18. és július 28. között egyáltalán nem nyugszik le a Nap. A finn amatőrcsillagászok észlelési lehetőségei tehát erősen függenek működésük földrajzi helyétől. Kiváltságosak viszont a napészlelők. Ezek a körülmények a hivatásos csillagászatra is kihatnak. A napészlelők kivételével a hivatásos csillagászok tavasztól őszig általában külföldi csillagvizsgálókban dolgoznak. A Helsinki URSA-ban a lehetőségeknek megfelelően főként a Napot, a Holdat, a bolygókat, kettőscsillagokat, extragalaxisokat stb. mutatnak be a látogatóknak; felnőtteknek 4, tanulóknak (gyerekeknek) 2 márkáért. A csoportos látogatók kedvezmé-

nyes belépődíjat fizetnek. Az URSA-tagok díjtalanul látogathatják a csillagvizsgálót, sőt szabadon használhatják műszereit és berendezéseit asztrofotografikus munkákra és más megfigyelésekre. A megfigyelések főként a bolygókra, a Holdra, okkultációkra, fogyatkozásokra, a Jupiter-holdak jelenségeire és nem utolsósorban sarkifény-észlelésre (fényképezésre) terjednek ki.

Az URSA-mozgalom egyik legjelentősebb csoportja és bemutató csillagvizsgálója, továbbá magán-csillagvizsgálója Lahtiban működik. A bemutató csillagvizsgáló a város közelében, gyönyörű fenyveserdő közepén magasodó, 35 m-es víztorony tetején foglal helyet. A 6,5 m-es kupolába 170 lépcsőn kapaszkodtunk fel. (Lift nincs!) A kupolaterbe lépve olyan impozáns távcsőegyüttes látványa fogadott bennünket, amely azonnal elfeledtette velünk a nem mindennapi lépcsősort. Íme a felsorolás: egy 152/2063-as Cassegrain-, egy 250/191/573-as Schmidt-, amelyekhez egy 95/1200-as refraktor, egy 300/1500-as és egy 200/1500-as Newton-reflektor és végül egy 60/600-as keresőrefraktor társul. A műszeregyüttes és annak szerelése igazi amatőrcsillagászati csemege. A Lahden URSA tagjai ezt a remek műszerparkot főként asztrofotózásra használják. A Napot, a Holdat, mélyéobjektumokat fotóznak, és üstökösökre vadásznak. Ottjártunkkor éppen a Giacobini—Zinnert kívánták „lencsevégre” kapni. A kupola alatti teremben — dolgozó-, szakköri és könyvtárszobában — érdekes kiállítást láttunk a munkatársak által készített fotókból. Lahtiban a helyi amatőrcsillagászok együttműködésének nagyszerű példáját láttuk a klub elnökének, Juhani Salmi úrnak (civilben a helyi ISKU bútorgyár üzemvezető főmérnöke) a város közelében (Vaania) levő magánobszervatóriumában. Az egy igazi finn tó partján magasodó domb — gránittömb — tetején álló kétszintes csillagvizsgáló 3,6 m átmérőjű kupolájába lépve elénk tárulnak Salmi úr műszerei: a 305/1925-ös Newton- és a vele sajátos módon együjtyszerelt 100/1458-as refraktor, mely utóbbi akromatikus lencséjét a világhírű finn csillagász, Väisälä, a Helsinki URSA csillagvizsgáló alapítója készítette. A Newton segédtükre elforgatható, s így egyszerre három segédberendezés szerelhető a távcsőre, illetve választható ki egyetlen mozdulattal: az okulár, a magánépítésű kamera, vagy a fotométer! Ezzel a műszeregyüttessel Salmi úr egyedülálló eredményeket ért és ér el az asztrofotográfia területén, különösen a szupernóva-kutatásban. Az általa kiadott kétkötetes fotografikus extragalaxis-atlasz (*Check a possible supernova*, 1985) összesen nyolcvan extragalaxis fényképét tartalmazza — saját felvételeit! —, melyek alapján a finn amatőrök, valamint a *Sky and Telescope*-ban megjelent cikke alapján mások is, a siker reményében vadászhatnak extragalaktikus szupernóvák után. Emellett Nap-protuberanciákat is fotóz  $H_{\alpha}$ -szűrővel. A kupola alatti nagyon barátságosan berendezett tér Salmi úr dolgozószobája, kihelyezett könyvtára, laboratóriuma, és az igencsak hideg finn éjszakákon melegezője. Az egész környezet azt a benyomást kelti, mintha egy, a múlt században

vagy a századfordulón élt nagy „magán”-csillagász otthonába csöppentünk volna.

A gránitdombról, amely a távcső rezgésmentes alapja, páratlanul gazdag aljnövényzeten ereszkedünk le Salmi úr nyári rezidenciájához és az elmaradhatatlan tóparti szaunához. Este a két épület közötti füves térséget kisebb-nagyobb Dobson-szerelésű távcsövekkel népesítik be a kollégák, hogy kihasználva a szeptemberben már ritka derült éjszakát, felkutathassuk a Giacobini—Zinner-üstököst. A késő éjszakai órákba nyúló észlelést természetesen szaunázás (majd a már jéghideg tóban egy alapos fürdés) és hajnalig tartó baráti beszélgetés zárja le, amelyet Salmi úr gyönyörű orgonajátéka fest alá. Juhani Salmi városi lakásának pincéjében ér a másik meglepetés. Itt ugyanis a legkorszerűbb technikával felszerelt tükör csiszoló műhely fogadja a látogatót. A korongon éppen egy 60 cm-es tükör készül — ez lesz Salmi úr „életműve”. A „home made”-módszer a finnországi csillagászat egész területére jellemző. Nem vagy csak elvétve láttunk olyan műszert, amelyet ne saját kezűleg készítettek volna a finn csillagászok. Abban a hegyoldali gránittömbbe vájt alagútban, amely a turkui egyetemi csillagvizsgáló területén még a háború idejéről visszamaradt, páratlan optikai műhelyt képeztek ki a turkui csillagászok. Ebben csiszolják jelenleg is a La Palmán — Kanári-szigetek — felállítandó 2,5 m-es távcső tükkrét, amely a finn, a dán, a norvég és a svéd kutatók közös műszere lesz. Az üreg éppen az 1 m-es teleszkóp tornya alatt van, és innen bocsátják az üvegkorongra a próbafény sugarakat. Így nem kell elmozdítani a hatalmas korongot, elegendő, ha a próbák idejére elmozdítják fölülre a csiszolóberendezést!

Tamperétől mintegy 20 km-re, Pikonlinna községben él és dolgozik Aarre Kellomäki úr, a tamperei URSA klub titkára, akinek a község vezetősége külön helyet biztosított egy obszervatórium felállítására. Az objektumot sajátos módon, úgy állította fel, hogy szükség esetén bármikor áttelepíthető legyen. A 30 cm-es Newton-szerelésű műszer fölé saját kezűleg készített alumíniumidomokból kupolát. Az 1984/1985-ös kemény télben gyakran  $-35^{\circ}\text{C}$ -os hidegben végezte észleléseit, amelyek főként változócsillagokra terjednek ki. De gyakran tart — főként a helybeli iskolás gyerekeknek — távcsöves bemutatókat is. Kellomäki úr — polgári foglalkozása szerint vegyész mérnök — aktív részt vállal a finn mozgalmi életben, és számos népszerűsítő cikk szerzője. Széles körű nemzetközi kapcsolatrendszert épített ki, amelyben jelentős helyet foglal el a mi Baráti Körünkkel tartott személyes kapcsolata — részt vett a kaposvári találkozónkon is.

## Mozgalmi élet

Az URSA klubok 1985. évi országos találkozásának légköre a mi CSBK-találkozóink hangulatát idézte. Az e célra kibérelt iskola folyosóin és tantermei többségében tablók, műszerek, publikációk, számítógépes programok, video-összeállítások fogadták a látogatókat. A résztvevők az előadások és szekcióülések közötti szüneteket ismerkedésre, személyes tapasztalatcserére és a kiállított tárgyak tanulmányozására fordították. Különösen látványos volt a házi készítésű távcsövekből szinte spontán összeállított kiállítás, amely a találkozó ideje alatt folyamatosan újabb és újabb műszerekkel bővült, a később érkezők sorrendjében. A kiállítás egyben „vásár” is volt, amely a mi Uránia-bazárainkra emlékeztetett, de azoknál sokkal nagyobb volt az „áru”-bőség, és a könyvek, térképek, folyóiratok, műszerek (közöttük számos, már ritkaságszámba menő régi fényképezőgép és kézilátcső, prizmák, okulárok, lencsék stb.) kézről kézre vándorolva találtak új gazdára. Szinte minden résztvevő hozott valami eladnivalót és vásárolt valami számára hasznosat.

A találkozót a „hivatalosságtól” és a hosszú, ún. nagyelőadásoktól való csaknem teljes mentesség jellemezte, és ebben lényegesen eltért a mi találkozóinktól. Jellemző, hogy az ünnepélyes megnyitó napjának leghosszabb előadása a mi CSBK-mozgalmunkról általam tartott 25 perces beszámoló volt! A mintegy 250—300 fős találkozó lényegében nem is állt másból, mint az egyes delegációk és észlelési szakcsoportok vezetőinek maximum öt-tíz perces, kizárólag az észlelési programokat és az alkalmazott — átadásra érdemes — módszereket ismertető beszámolóiból, amelyekhez szükség szerint 5—10 diapozitív társult. Az elhangzottak iránt részletesen is érdeklődők délutánonként spontán szekcióüléseken vitatták meg tapasztalataikat.

A megnyitás napjának „hivatalos” részében a helsinki URSA klub elnöke, Timo Rahunen úr és a tamperei URSA klub titkára, Aarre Kellomäki úr egyszerű, keresetlen szavakkal köszöntötte a megjelenteket, és már át is adták a szót az egyes delegációk vezetőinek. A mi találkozóink túlságosan is „hivatalos” és időigényes formáságainak — elnökség, levezető elnök tisztújítási ceremónia stb. — nyoma sem volt. A felszólalók a jelentkezés sorrendjében egymásnak adták át a szót. Számunkra ez a mozgalmi jellegét és a találkozó munkaértekezlet jellegét megadó módszer igen szokatlan, ugyanakkor nagyon is hatásos volt. Az egész rendezvény egyszerű és célratörő, valóban a közös munkát elősegítő módon zajlott le. A résztvevők számára ugyanis szemmel láthatóan hasznosabbak voltak a tízperces beszámolók és az azokat közvetlenül követő, spontán szakmai konzultációk — kérdések és válaszok —, mint a nálunk szokásos nagyelőadások. A tisztújítás szinte észrevétlenül zajlott le. A központi URSA klub addigi elnöke helyére, aki Helsinkiből véglegesen Tamperébe költözött, egyhangúlag választották meg Tytti Sutela asszonyt, a klub addigi titkárát, főfoglalkozása

szerint a leendő Finn Tudományos Centrum és Alapítvány (Finnish Science Center Foundation) tudományos főmunkatársát. (A csillagvizsgálót és középmeretű planetáriumot is magába foglaló tervezett természettudományi stúdiót Helsinki északi részén — Vantaa — fogják felépíteni.) Sutela aszszony volt a vendéglátónk a helsinki központi URSA klubban tett látogatásunk alkalmával. Ő mutatta meg Seppo Linnaluoto úrral, a központi iroda vezetőjével és a társaság folyóiratának főszerkesztőjével a klub főhadiszállását és a csillagvizsgálót is. Az URSA klubok országos találkozóit 1971 óta rendezik meg rendszeresen. Az egymástól igen nagy távolságokra — 1000—1500 km! — működő klubokból általában két-háromszáz résztvevő jön össze a találkozókra, amelyeket évenként váltakozó helyszínen rendeznek meg.

Az eddigi találkozók helyszínei a következők voltak: Turku (1971 és 1981), Helsinki (1972 és 1979), Tampere (1974 és 1985), Oulu (1975), Lahti (1976), Jyväskylä (1977), Hyvinkää (1978), Imatra (1980), Pori (1982), Kuopio (1983), Kinnula (1984). Az 1974-es és az 1979-es találkozók egyben a Skandináviai AmatőrCsillagászok Egyesületének kongresszusai is voltak.

Az URSA a tagságot a következő észlelőszekciók szerint fogja össze: változócsillag, bolygó, okkultáció és kisbolygó, meteor, napészlelő, sarki fény és üstökös, légköri jelenségek, távcső- és műszerépítők, elméleti-matematikai csillagászat. Az egyes szekciókhoz való tartozásnak nincs külön tagsági díja. Észlelési eredményeiket a kéthavonta megjelenő *Tähdet ja Avaruus* (Csillagok és Világűr) című magazinban (innen származnak a 4. színes melléklet képei) és a mi *Meteorunkhoz* hasonló *Tähtiäika* (Sziderikus Idő), valamint a szintén kéthavonta megjelenő *Ursa Minor* című, kifejezetten az észlelő amatőrök részére kiadott és gyakorlatilag általuk írt kiadványokban publikálják. Nem ritka azonban a magánkiadvány sem. A központi lap, amely nevében és tartalmában is emlékeztet a mi *Föld és Ég* című folyóiratunkra (kivételében azonban attól lényegesen eltérő), 1986-ban a 17. évfolyamába lép. Kiváló minőségű papíron és teljes egészében színesen jelenik meg; 1984 óta 6300 példányban. Előfizetése benne foglaltatik az URSA tagsági díjában. Számos iskola és könyvtár is járhatja. Mintegy 80 külföldi előfizetője van, köztük a Svédországban élő 30 URSA-tag is. Negyven példányhoz angol nyelvű összefoglalót készítenek, a főként Ausztráliában és Dél-Amerikában élő előfizetők részére, akiknek légitpostán juttatják el. Az imént említett *Tähtiäika* 1971 óta, az *Ursa Minor* 1984 óta jelenik meg. Ez utóbbit az aktív megfigyelők díjmentesen kapják. A lahti URSA klub kiadványa a *Lahden Ursa*, amely formáját és tartalmát tekintve is a mi egykori *Csillagok Világa* című kiadványunkra emlékeztet.

1982 óta negyedévenként jelenik meg az *Aikakone* (Időgép) című science fiction magazin, amely részben eredeti finn, részben fordított írásokat közöl (könyv- és filmismertetések, levelek stb.). Előfizetési díja 50 finn márka.

Az URSA-évkönyv, a *Tähdet* 1977 óta minden év novemberében megjele-

nő olyan kiadvány, amely szerkezetében és tartalmában is hasonlít a mi *Csillagászati Évkönyveink*hez, de sokkal több, a gyakorlati megfigyelésekkel és észlelésekkel összefüggő írást közöl, mint a miénk.

Tekintve, hogy az URSA klubok főként az észlelő amatőrcsillagászokat tömörítik, a népszerűsítő tevékenység bizonyos mértékig háttérbe szorul, de nem marad el. A távcsöves bemutatókon túl — ezek a népszerűsítő munka gerincét képezik — a Helsinkiben működő központi klub például szeptembertől májusig havi egy alkalommal hirdet nyilvános előadást. Ezeket részben szakcsillagászok, részben képzett amatőrök tartják a csillagászat és az űrkutatás aktuális kérdéseiről. Az előadásokat az imént említett kiadványokon túl a napilapokban is meghirdetik, és a helyi rádióállomásokban is propagálják. Az URSA központi könyvtára részére hang- és videoszalagokon rögzítik őket, majd archiválják. (Követendő példa!) A hallgatóság átlagos létszáma előadásonként negyven fő, de jelentősebb események alkalmával kétszázra is növekedhet. A népszerűsítést szolgálja — ha közvetve is — az évente félmillió finn háztartásba eljuttatott ún. Finn Almanach, az *Almanakka*, amely könnyen kezelhető zsebkönyv formájában kerül kiadásra, és amely a náptári részen túl számos csillagászati adatot és táblázatot tartalmaz. Népszerűsítő tevékenységet folytat a helsinki URSA központi könyvtára is, amennyiben több mint háromezer kötetes csillagászati könyvkészletét és egyéb kiadványgyűjteményét kölcsönzőkönyvtárszerűen kikölcsönzi, illetve helybeni olvasásra rendelkezésre bocsátja az érdeklődőknek.

Nagy népszerűségnek örvend a könyvtár az egyetemi és általában a tanulóifjúság körében. A könyvtárban hangszalag- és diatár is van, amiből a népszerűsítő munkát is végző URSA-tagok kölcsönöznek ki rendszeresen. A könyvállomány évi kétszáz darabbal bővül. Évente kb. 1300 kölcsönzés történik. Hétfő és csütörtök között az URSA-tagok helyben olvasásra bármelyik könyvet, illetve folyóiratot kikölcsönözhetnek. A Helsinki keleti részén, a tengeröbölhöz közel eső Laivanvarustajankatu 3. szám alatt működő URSA Központban országos irányító, szervező és nem utolsósorban nagyszabású kiadói tevékenység folyik. Ezt a sokrétű feladatot alig néhány ember végzi, mindössze négy főállású alkalmazottal és néhány részállású kisegítővel — az utóbbiak főként a postázásnál segítőknek. Innen irányítják a már korábban bemutatott URSA csillagvizsgáló munkáját, a látogatócsoportok szervezését. Seppo Linnaluoto úr az irodavezető, aki szakcsillagász, aktív irodalmi tevékenységet folytat, és folyamatosan részt vesz a helsinki egyetemi csillagvizsgáló észlelési programjaiban is. Ő kísért bennünket a csillagvizsgálóban tett látogatásunk során.

Helsinkiben nincs planetárium. Finnország (sőt egész Skandinávia) egyetlen planetárium a tamperei Planetárium, ami a mi Vidám Parkunkhoz hasonló, városi kezelésű és főként turisztikai intézmény, az ún. „Särkänniemi” (Sárkányföld) épületegyüttesében található. Bár Kullervo Tiukkanen úr, a planetárium igazgatója és munkatársai is tagjai a tamperei URSA



klubnak, úgy tűnik, nem sok befolyása van az intézményre az URSA-nak. Ez a delfináriummal, akváriummal, gyermekállatkerttel, vidám parki létesítményekkel és végül, de nem utolsósorban a legfelsőbb szintjén egy forgó étteremmel egybekötött kilátótoronnyal társult planetárium mindenekelőtt inkább szórakoztató, semmint ismeretterjesztő intézmény. Még pontosabban: egy nagyszabású szórakoztató intézményrendszer egyik, de semmi esetre sem legelső és legfontosabb tagja.

A 15 m-es kupola alatt felállított MINOLTA MS-15 típusú japán közepes planetáriumműszer lényegében mindent tud, amit a hagyományos nagyműszerek tudnak. A vetített égbolt minősége kiváló. Ottjártunkkor éppen *A Halley-üstökös* című műsort adták telt ház előtt. Ez nem véletlen, hiszen a találkozó résztvevői testületileg vettek részt az előadáson. Miként minden más műsorukat, úgy ezt is Amerikából vásárolták, a munkatársaknak már csak a gépre kell adaptálni a kapott műsort. Anélkül, hogy a műsor szövegét pontosan értettük volna, a téma feldolgozása, látványos jelenségekkel való kiegészítése és az egész műsor hangulata nyomán azt mondhatom, hogy ez is inkább szórakoztató, semmint komoly és részletekbe menő ismereteket nyújtó előadás volt. A műsor származási helyének ismeretében azonban ezen nem is lehet csodálkozni.

## ÚJ KOZMIKUS HELYMEGHATÁROZÓ MÓDSZEREK

A Föld dinamikai viselkedésének folyamatos követésére és erőtereinek nagy pontosságú feltérképezésére szolgáló mérési módszerek példátlan mértékben fejlődtek az elmúlt két évtizedben. A mérési adatokból lényeges, minőségileg új információk szerezhetők. A távolság- és irányméréseket szolgáltató kozmikus geodéziai módszerek többsége lehetővé teszi földfelszíni pontok térbeli mozgásainak követését, valamint a földfelszíni pontok közötti térbeli távolságok és irányok változásainak mérését.

A kozmikus geodézia „hagyományos” módszereinek, a fotografikus, a lézeres és a doppleres műholdkövetésnek célja a helymeghatározás volt. A jelenleg még fejlesztés alatt álló módszerek célja a geodinamikai folyamatok vizsgálata. Mesterséges holdak (STARLETTE és LAGEOS) lézeres megfigyelése rögzített és mozgó állomásokról lehetővé teszi a pólusmozgás, a földforgás rendellenességei, a földi árapály, valamint a kéregmozgás vizsgálatát. A jelenlegi legjobb lézerberendezések pontossága néhány centiméter körül van. A Holdra irányuló lézeres távolságmérések rögzített és mozgó állomásokról a fentiekén kívül hozzájárulnak a Hold pályájának nagy pontosságú meghatározásához és a Hold dinamikai viselkedésének (forgási jellemzői, librációk), belső szerkezetének megismeréséhez. Egy űreszközön elhelyezendő lézerrel végzett földi hálózatmérés terve  $\pm 1$  cm relatív pontosságot ígér, amely alkalmas lenne egy-egy kiválasztott területen kéregmozgási vizsgálatok céljára.

A rádióinterferométeres mérésekkel (elsősorban a VLBI-vel)\* igen pontos bázisvonal- és iránymeghatározást végezhetünk, amelyek inerciarendszerre vonatkoznak. A VLBI-mérés a pólusmozgás és a Föld forgásának más kozmikus geodéziai módszerektől független, nagy pontosságú vizsgálatát is lehetővé teszi. Rögzített és mozgatható VLBI-berendezéseket kombináltnan már jelenleg is használnak kéregmozgási vizsgálatokhoz. Rövid bázisvonalak ( $l < 100$  km) esetében a kvazárok, illetve a Holdon elhelyezett ALSEP-

\* *Veri Long Baseline Interferometry* — nagyon hosszú bázisvonalú interferometria.  
— *A szerk.*

adók jelei helyett a GPS-rendszer (Global Positioning System) mesterséges holdjainak adásait használhatjuk fel a közeli jövőben. Az így elérhető relatív pontosság  $\pm 1$  cm körüli lesz.

A közeljövő legígéretesebb helymeghatározó rendszere kétségtelenül a GPS lesz, amely azonnali hely- és sebességmeghatározást tesz majd lehetővé a jelenleg elérhető pontosságnál nagyobb megbízhatósággal.

A pólusmozgás és a Föld forgásának folyamatos követését már a múltban is végezték hagyományos optikai csillagászati eszközök (asztrolábium, zenitteeszkóp stb.) segítségével a Nemzetközi Szélesség Szolgálat (ILS, 1899), a Nemzetközi Pólusmozgás Szolgálat (IPMS, 1964) és a Nemzetközi Időszolgálat (BIH, 1962) keretében. A pólusmozgási adatokat az amerikai katonai térképészeti intézet (DMA, 1972) is meghatározza a doppleres műholdmegfigyelések alapján.

A geodinamikai jelenségek nagy pontosságú követésére alkalmas mérőrendszerek kétségtelenül a VLBI, valamint a Holdra és a mesterséges holdakra irányítható lézertáv mérők. E rendszerek mérési pontossága jóval felülmúlja a hagyományos módszerek nyújtotta megbízhatóságot. Az említett mérési rendszerek fejlett változatai a geodinamikai folyamatokat, így a tektonikus táblamozgásokat  $\pm 1$ – $2$  cm/év pontossággal, a pólusmozgást  $\pm 2$ – $3$  cm és a Föld forgási sebességét  $\pm 0,05$  ms pontossággal fogják meghatározni.

A fenti mérési pontosságok kényszerítik a csillagászokat, geofizikusokat és geodétákat, hogy felülvizsgálják az inerciarendszer és a földi vonatkoztatási rendszerek létesítésére korábban használt alapelveket és módszereket. Ennek elősegítésére szervezi az IAU a MERIT (Monitoring of Earth Rotation and Intercompare the Techniques of Observation) elnevezésű nemzetközi mérési kampányt, amelyben hazánkból a FÖMI KGO is részt vesz lézeres és doppleres műholdmegfigyelésekkel.

A Föld nehézségi erőterének feltérképezéséhez használjuk fel az altiméteres méréseket, a műholdról műholdra követésből (SST) származó adatokat, valamint a mesterséges holdakon elhelyezésre kerülő skalár- és vektor-gradiométerek méréseit. Ez utóbbiak pontossága  $\pm 0,001$  Eötvös lesz. A MAGSAT műholdon elhelyezett magnetométer méréseit a Föld mágneses erőterének vizsgálatára használják fel.

A továbbiakban ezek közül az új módszerek közül ismertetünk néhányat, melyeknek lényeges jellemzőit az 1. táblázat tartalmazza.

### Lézeres távolságmérés

A lézeres távolságmérés a lézerrendszer és a mesterséges holdon elhelyezett fényvisszaverő prizmarendszer közötti távolság értékét a kibocsátott fényimpulzusnak a kibocsátás és a visszaérkezés közötti futási idejéből határoz-

1. táblázat

Módszer	Célja	Pontosság		Egyéb jellemzők	
		abszolút	relatív		
hagyományos	fotografikus	iránymérés	1°		a mesterséges hold helyzetét egy csillagokhoz rögzített rendszerben adja meg
	lézer	távolságmérés	1 m	3 cm	igen pontos előrejelzés szükséges
	Doppler	abszolút és relatív helymeghatározás	10 m	0,5–2 m	igen elterjedt módszer, félautomatikus, tetszőleges terepi körülmények között alkalmazható
LLR	a Hold pályájának és librációjának mérése, Föld–Hold rendszer dinamikai vizsgálata	2–5 cm			a Holdon elhelyezett lézertükrökre való mérés
TLRS	kéregmozgás, pólusmozgás, Föld forgásának vizsgálata	10 cm	4–5 cm		mozgó állomásokra szerelt lézerekkel való mérés
SRS	kéregmozgás mérése		1–2 cm		egy adott terület időszakonkénti mérése műholdon elhelyezett lézer segítségével
VLBI	pólusmozgás, kéregmozgás, Föld forgássebessége, bázisvonalhossz	50 cm	2–5 cm		hagyományos csillagászati módszer geodinamikai alkalmazása
MITES	kéregmozgás, pólusmozgás, bázisvonalhossz mérése		1–2 cm		mozgó, kisméretű terminálok
SERIES			1–5 cm		mozgó, kisméretű terminálok, GPS holdakra mérnek
GPS	azonnali, 3 dimenziós hely-, sebesség- és időmeghatározás	1 m	2–5 cm		műholdból álló rendszer, gyors, automatikus, pontos módszer

za meg. Eredetileg a mesterséges hold pályameghatározása és annak javítása céljából alkalmazták ezt a módszert. Később az állomás helyzetének meghatározására, a pólusmozgás és a Föld forgássebességének mérésére, valamint a földi árapály tanulmányozására használták. Elméletileg az elérhető legnagyobb pontosság  $\pm 1-2$  cm. Speciálisan tervezett rendszereknél ez a pontosság a gyakorlatban rövid időn belül elérhető lesz. A lézeres mérések kiértékelését geocentrikus koordináta-rendszerben végzik, így a kapott műhold-, illetve állomáskoordináták geocentrikus koordináták.

A műhold pályameghatározásának pontossága és a mikroelektronika gyors fejlődése eredményeképpen a lézeres mérőrendszereknek több fajtája jött létre, melyek nemcsak a technikai színvonalban, a műszaki megoldásban, hanem elvileg is különböznek egymástól. Az eredetileg egy állomásra telepített nagyméretű, nagy súlyú és nehézkesen kezelhető lézertávcsövek mellett megjelentek a mozgatható (mobil) állomások, melyek felszerelése és üzembe állítása igen rövid időt vesz igénybe, s pontosságuk sem csökken a hagyományos rendszerekéhez képest. Nemcsak a mesterséges holdakon levő lézertükrökre végezhetnek mérést, hanem a Holdon elhelyezett visszaverő tükrök távolságát is mérhetik. A lézertechnika egyik nagy újítása a mesterséges holdon működő lézer, amely a földi állomás pontjain levő tükrökre végez méréseket.

A lézeres mérési módszerek rövid leírása és jellemzőik:

### *SLR. Mesterséges holdra történő mérés (Satellite Laser Ranging)*

Ez a hagyományos lézertechnika, melyet továbbfejlesztve jutottak el a többi módszerhez. A közelmúltban jelentős pontosságjavulást értek el a 3. generációs lézerek alkalmazásával. A leggyakrabban a GEOS—C, a STARLETTE- és a LAGEOS-holdakra történt méréseket használják. A LAGEOS-hold adataiból — melynek pályáját nagy megbízhatósággal ismerjük — egy speciális földmodellt készítettek, a GEM—L1-modellt (GEM: Goddard Earth Model). A modellnek a sajátossága, hogy a Föld körüli gravitációs térnek azt a tartományát írja le pontosabban, amely távolságban a műhold kering ( $\sim$  két földszugar). E modell készítéséhez több mint félmillió mérést dolgoztak fel.

A Földön jelenleg kb. 45 jól felszerelt lézeres állomás működik, ebből több mint 15-nek 3. generációs lézerekészüléke van. E készülékek pontossága  $\pm 3$  cm.

## *TLRS. Szállítható lézeres távmérő állomás (Transportable Laser Ranging Station)*

Az előzőleg említett lézeres állomás nagy hátránya, hogy csak egy adott helyen mérhet. A texasi egyetem McDonald Observatóriumának javaslatára és tervei alapján kidolgozták egy olyan állomás tervét, amely helyváltoztatásra alkalmas. Alapvetően egy kisebb teherautóra szerelhető, speciálisan tervezett rendszerű lézertávcsőből és feldolgozó egységből áll. A rendszert repülőgépen is lehet szállítani, annak szétszerelése nélkül is. Egyik mérési pontról a másikra 1—2 nap alatt át lehet telepíteni, s amennyiben a LAGEOS-ra mér, mérési pontossága  $\pm 4$ —5 cm. Az állomás lézereinek a működése nem jelent veszélyt sem a szemre, sem a fölötté áthaladó repülőgépekre. Egy mérési ponton eltöltött idő maximum egy hét, s ezalatt a megfelelő pontossággal meg lehet határozni a hely koordinátáit és helyzetét a többi LAGEOS-állomáshoz képest. A tervek szerint a pontokat kétévenként újra mérik, s így hosszabb periódusú mérési sorozatból levezethető az adott területre az esetleges kéregmozgási sebesség értéke.

A NASA jelenleg két ilyen TLRS-állomást üzemeltet, az egyiket 1981, a másikat 1984 óta. Európában is tervbe vették 2 ilyen mozgó rendszer építését az NSZK-ban és Hollandiában. Ezek az állomások igen jó kiegészítői a fixen telepített lézeres és VLBI-állomásoknak a tektonikus deformációk mérésénél.

E rendszereknek egy fejletlenebb változata, ahol maga a lézer hordozható, de kiszolgálórendszerei nem. A NASA jelenleg 8 ilyen állomást működtet MOBLAS—1—MOBLAS—8 néven, az USA déli területein és Ausztráliában. A mérések célja a kéregmozgás sebességének és irányának mérése, amelyet több állomás hosszabb időtartamú lézeres méréseinek eredményéből kapnak. A NASA lézeres állomásai együttműködnek az európai, közép-amerikai és ausztrál lézeralomásokkal, amelyek szintén kéregmozgási célból végeznek méréseket.

## *LLR. A Holdra történő lézeres mérés (Lunar Laser Ranging)*

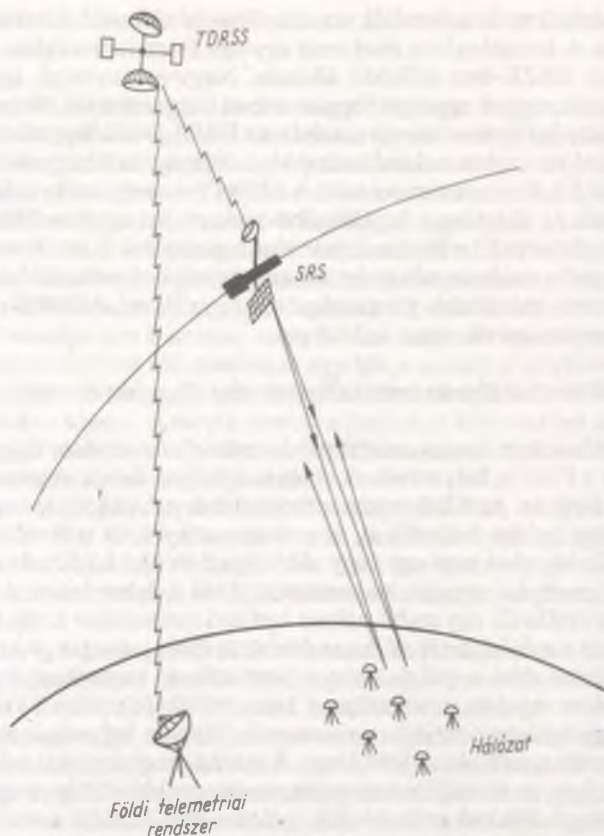
A Holdon elhelyezett lézertükrökre való méréseket a Föld forgássebességének mérésére, a holdpálya pontos meghatározására, a Hold librációs mozgásának modellezésére és a Föld—Hold rendszer dinamikája egyes problémáinak megoldására használják. A Holdra történő lézeres mérésnél a mérőműszer speciális kialakítású. Emiatt csak kevés lézeres állomás alkalmas erre a célra. Ezeknek az állomásoknak az összehangolt munkája lehetővé teszi, hogy a mérések folyamatosak legyenek, s eredményeiket egyetlen modellel dolgozzák fel. E célból mérési kampányt indítottak, melynek célja a Hold távolságának méréseiből meghatározni a Föld forgássebességének értékét és változásait. A program neve: EROLD (*Earth ROTation from Lunar Distan-*

ces). A méréseket el is kezdték az amerikai McDonald Observatórium vezetésével. A kampányban részt vesz egy-egy Franciaországban, Ausztráliában és az NSZK-ban működő állomás. Nagy mennyiségű, igen pontos adatot kaptak, melyet egységes formátumban dolgoznak fel. Nem sokkal az első kampány befejezése után javasolták az EROLD-tól független MERIT-tervet. Mivel ez utóbbi sokkal szélesebb körűnek, hatékonyabbnak bizonyult, az EROLD ennek részévé vált. A MERIT — mely azóta is folyamatosan működik — jelenleg a legátfogóbb nemzetközi együttműködés az új kozmikus módszerek területén. Gyakorlatilag minden új és aktív módszert magába foglal, s eredményeit az egyes kampányok befejezésével közzéteszik. A Hold lézeres mérésének pontossága megegyezik a LAGEOS-ra történő mérések pontosságával, azaz  $\pm 2-5$  cm.

### *SRS. Űrből történő lézeres mérés (Spaceborne Ranging System)*

Az eddigiekben leírt lézeres mérési módszerek közös vonása, hogy a mérőrendszerek a Földön helyezkednek el, és valamilyen űrbeli objektumon van a visszaverő tükör. Az SRS-rendszer terve ennek a fordítottja, azaz a lézert a mesterséges holdon helyezik el, és a visszaverő tükröt (tükröket) a Föld felszínén. Ez lehetővé teszi egy vagy több olyan terület folyamatos mérését, amely kéregmozgási vizsgálatok szempontjából érdekes lehet. A módszer alapelve a következő: egy stabil pályán keringő mesterséges holdon elhelyezik a lézert és a mérő-kiértékelő berendezést. A Hold pályáját 24 követőállomás állandóan méri a pálya pontos ismeretének biztosítása érdekében. A fedélzeti lézermérések pontossága  $\pm 3$  cm. A Föld felszínének kiválasztott területén egy hálózat pontjaiban visszaverő tükröket helyeznek el, s ezekre a tükrökre mér a műholdon levő lézer. A mérési eredményeket a fedélzeten levő számítógép memóriájában tárolják, majd továbbítják egy nagy magasságban keringő átjátszó műhold felé (például egy TDRSS-holdra), amely megfelelő időközökben kisugározza a földi vevőállomások felé (1. ábra). Ez a mérési rendszer elvben lehetővé teszi, hogy egy akár 1500 km kiterjedésű hálózat pontjainak helyzetét egymáshoz képest  $\pm 1$  cm pontossággal rövid idő alatt meghatározza. Másik nagy előnye, hogy tetszés szerinti időközökben újra mérhető a hálózat. A mesterséges hold pályájának megfelelő választásával elérhető az is, hogy a Földön több ilyen hálózatot tudjanak mérni, olyan területeken, amelyek a kéregvizsgálatok szempontjából érdekesek.

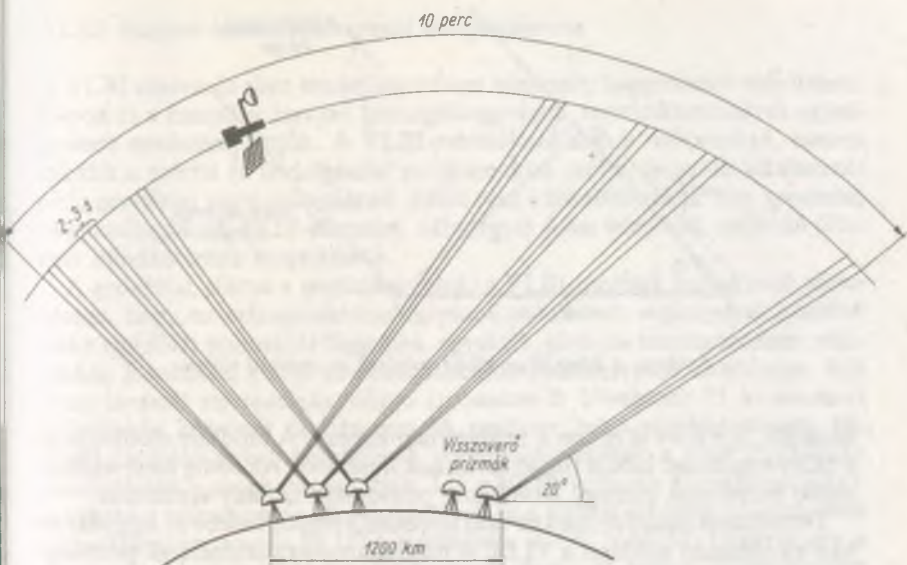
A mérés elvét a 2. ábrán mutatjuk be. A mesterséges hold a hálózat fölött való elhaladásakor méri minden egyes hálózati ponton elhelyezett visszaverő tükör távolságát. Egy-egy tükörre 20—30 mérést végez, amely 2—3 s-ig tart. Ezután megkeresi a következő tükröt, és ezt a mérési sorozatot ismétli, amíg minden pontra el nem végezte a mérést. A műhold minden átvonuláskor 3 mérési sorozatot végez, egyet alacsony szögben (ez nem lehet kisebb  $20^\circ$ -nál), egyet nagy magassági szögben, végül távolodáskor újra alacsony



1. ábra

szögben. Egy megfelelő pályájú műhold esetén ez a mérési struktúra kb. 50 pontból álló hálózat mérését teszi lehetővé. A hold fontosabb pályaelemei az előzetes tervek szerint:  $a = 7992 \text{ km}$ ,  $e \leq 0,002$  és  $i = 54^\circ$ . A műholdon elhelyezett lézermérő egység fő paraméterei: 0,2 ns pulzusszélesség, 10 pulzus/s,  $10''$  sugárdivergencia. A műhold indítását a nyolcvanas évek végére tervezik.



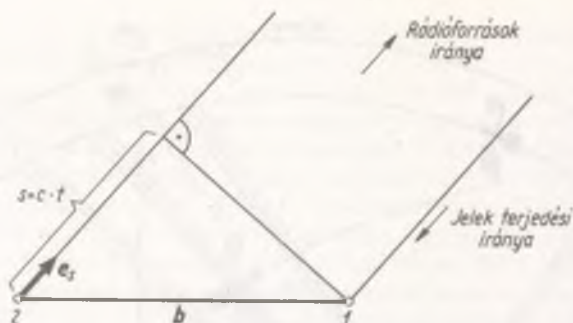


2. ábra

### Interferométeres mérések

A rádióinterferometria, melyet eredetileg a csillagászatban a rádiótávcsövek felbontásának növelésére használtak, úgy tűnik, egyre nagyobb szerepet kap a geodéziában is. Ezúton nemcsak a kvazárokról és más galaktikus rádióforrásokból kapott jeleket mérik, hanem a mesterséges holdak, illetve régebben a Holdon elhelyezett ALSEP-adók jeleit is.

A természetes rádióforrások esetében a források végtelen távolinak tekinthetők, így a hullámfront merőleges a terjedés irányára. Egy tetszőleges hosszúságú bázisvonal ( $b < 2R_F$ ) két végpontjában elhelyezett antennával mérjük a beérkezett jelek fázisát (3. ábra). A rádiójelek a 2. antennára  $\tau$  idővel később jutnak el, mint az 1. antennára. A  $\tau$  időkülönbséget a két végpontban rögzített jelek keresztkorrelációjából kapjuk meg: a két jelet egymáshoz képest valamilyen időkülönbséggel eltoljuk, és mérjük a keresztkorreláció értékét. Ezt minden  $\Delta t$  időkülönbségre elvégezzük, s ahol a keresztkorreláció értéke maximális lesz, ahhoz az értékhez tartozó időkülönbség lesz a  $\tau$  időkézés. Ebből számíthatjuk az  $s = c \cdot \tau$  távolságot. A rádióforrás irányvektorának ismeretében ( $e_s$ ) ki tudjuk számítani a  $b$  bázisvonal hosszát és térbeli helyzetét is. Mivel a forrás helyzetét inerciarendszerben



3. ábra. A klasszikus VLBI mérések geometriai sémája

ismerjük, így a  $b$ -t is ebben a rendszerben kapjuk. A módszer előnye, hogy a bázisvonalhossz hibája független annak hosszától. Az eddig mért leghosszabb bázisvonal, mintegy 10 000 km, pontossága néhány centiméter.

Természetes rádióforrásokra való mérésnél a legpontosabb és leggyakrabban alkalmazott módszer a VLBI. A meghatározott paraméterek pontossága sok mindentől függ: az időkézés mérésének pontosságától, a bázisvonal irányától, a mért forrásoknak az eloszlásától és a mérések időbeli eloszlásától. Természetesen a valóságban a helyzet sokkal bonyolultabb, mint a fent leírt egyszerű modell esetében. A bázisvonalat úgy tekintjük, mint egy vektort, amely forog az inerciarendszerben, s  $e$  forgás többé-kevésbé mérvben kapcsolódik a Föld forgásához. Ennek a kapcsolatnak minden bizonytalan momentuma tehát hibaként jelentkezik a bázisvonal hosszában. Így, ha sokszor mérünk egy adott bázisvonalat, ezek az effektusok mérhetőek lesznek. Ide tartoznak a Föld forgását leíró mozgások: a precesszió, nutáció, az UT1\* változásai és a pólusmozgás, valamint a földkéreg mozgásai: az árapály és a kéregmozgás. Mindezeket a jelenségeket tehát vizsgálni lehet a VLBI-mérések kiértékelésével.

A mesterséges rádióforrások esetében a 3. ábrán látható geometria bonyolultabb lesz, mivel a sugárforrás véges távolságban van. Ezért a hullámfront nem lesz merőleges a terjedés irányára, és a beérkező jelek irányát nem tekinthetjük párhuzamosnak. Így bizonyos korrekciós tagokat kell alkalmazni a mérések feldolgozásánál. Ilyen irányú kutatásokat hazánkban is végeztek a KGO munkatársai, nem kevés sikerrel. A műholdas interferometriai mérések előnye, hogy a gyenge kvázárjelek helyett a mesterséges hold erősebb jeleit használhatják, s így egyszerűbb mérőeszközök is alkalmasak a mérésre.

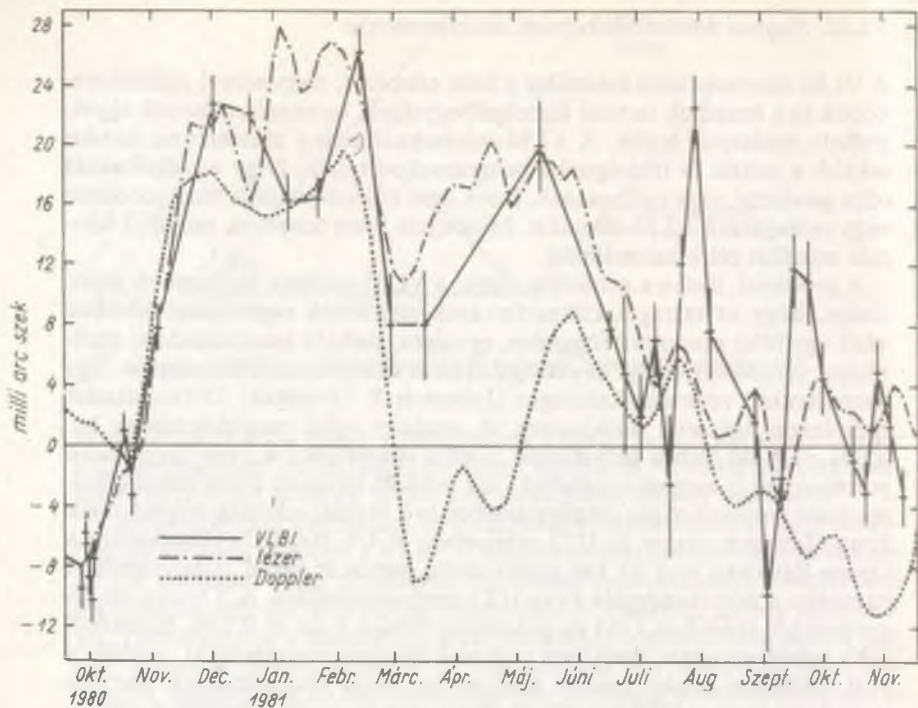
\* UT1: a csillagászati megfigyelésekből levezetett világidőnek a pólusingadozásokra korrigált változata. — *A szerk.*

## VLBI. Nagyon hosszú bázisvonalú interferometria

A VLBI elnevezés alatt eredetileg a fixen telepített, nagyméretű rádióteleszkópok és a hozzájuk tartozó kiszolgálóegységek, terminálrendszerek egységesített rendszerét értjük. A VLBI-méréseknél nem a műszereken, hanem inkább a mérési és feldolgozási programokon múlik, hogy az alkalmazás célja geodéziai vagy csillagászati. Ezért nem különböztetünk meg geodéziai vagy csillagászati VLBI-állomást. Mindegyik fixen telepített, működő állomás mindkét célra használható.

A geodéziai, illetve a geofizikai célok: a VLBI-mérések legnagyobb jelentősége, hogy az extragalaktikus források mérésének segítségével lehetővé válik egy földi pontoktól független, egységes, globális inerciarendszer realizálása. E rendszer alapja az extragalaktikus rádióforrások katalógusa. Egy ilyen javasolt referenciakatalógus (Johnston & Ulvelstad) 33 kiválasztott rádióforrás helyzetét tartalmazza. A rendszer belső megbízhatósága kb.  $0,001$ . A Föld térbeli helyzetének pontos ismeretében a Föld forgásának paramétereit is meghatározhatjuk. Így a VLBI-technika közvetlenül alkalmazható a pólusmozgás megfigyelésében és a forgási sebesség változásának kimutatásában, vagyis az UT1 mérésében. A US NAVAL Observatory a Green Bankban levő 35 km bázisvonalú, kapcsolt elemű interferométert használja a pólusvándorlás és az UT1 meghatározására. A 3 napos megfigyelésekből számított UT1 és pólusirány hibája 3 ms és  $0,0038$ . Ezenkívül több mérési program keretében végeznek hasonló vizsgálatokat, például a POLARIS-szal (*Polar motion Analysis by Radio Interferometric Surveying*). A programot 1980-ban hívták életre, ez volt az első kifejezetten geodéziai célú VLBI-alkalmazás. Három, már működő állomást választottak ki: a HRAS, Harvard Radio Astronomy Station (Texas), Westford Radio Observatory (Massachusetts) és a US Naval Observatory Timing Substation in Richmond (Florida). Ezekhez kapcsolódik időszakos mérésekkel a Svéd Onsala Obszervatórium. A Westford—HRAS antennák közötti 3100 km-es bázisvonal hosszát 2 cm pontosan határozzák meg. A pólusmozgás  $X$  komponensének pontossága 5—10 cm, az UT1-méréseké 0,1 ms. A VLBI-mérések hagyományos módszerekkel való összehasonlításának eredményeit a 4. és 5. ábra szemlélteti.

A VLBI másik fontos területe a földi hurok térbeli helyzetének és változásának pontos meghatározása. Ez a módszer a gravitációs hatásoktól független mérési eredményt ad, mivel tisztán geometriai módszerrel mér. Hosszú bázisvonalon pontosságát jelenleg egyetlen más technika sem múlja felül. Hosszabb idejű, illetve ismételt mérések feldolgozásakor lehetővé válik egy adott bázisvonal hosszában vagy irányában történt változás mérése, azaz az árapály-deformációk, a lemezmozgás, a regionális kéregmozgás és deformációk számszerű kimutatása. A VLBI-megfigyelésekben rendszeresen részt vevő obszervatóriumokból egy-egy regionális VLBI-hálózat alakult ki, ame-



4. ábra. A pólusmozgás X komponensének értéke különböző módszerekkel mérve

lyeknek közös programegyeztető bizottságai vannak. Az észlelésekbe a hálózaton kívüli rádióteleszkópok is bekapcsolódhatnak, és a különböző hálózatok közös megfigyelési programot hajthatnak végre. A hálózatok gyakorlatilag a kontinensekhez kapcsolódnak. A jelenlegi nagyobb hálózatok az alábbiak:

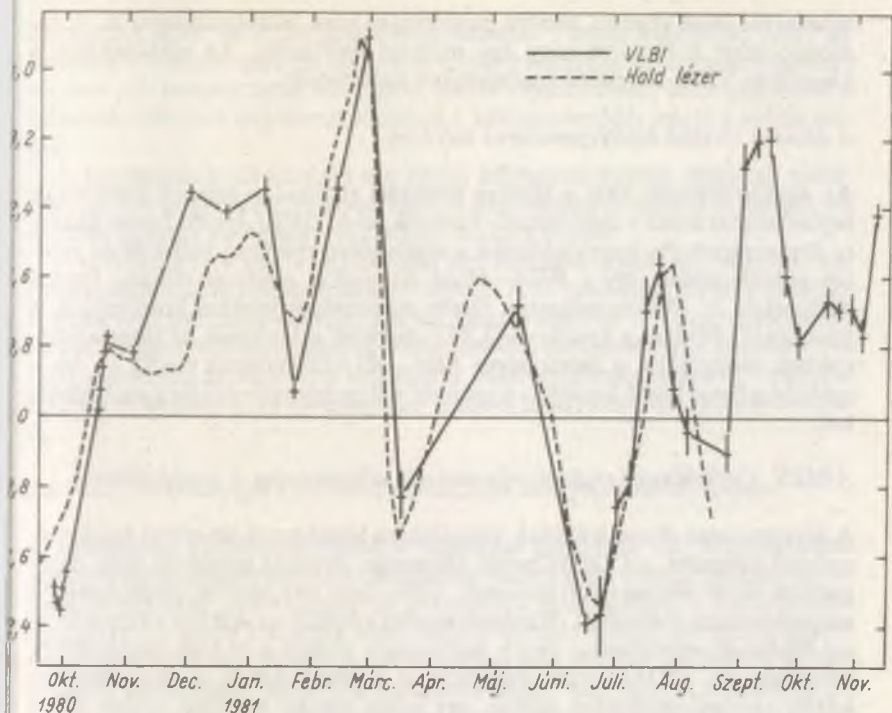
— Amerikai VLBI-hálózat: Green Bank, Haystack, Owens Valley, HRAS, Hat Creek, North Liberty.

— Európai VLBI-hálózat: Jodrell Bank (Anglia), Westerbork (Hollandia), Effelsberg (NSZK) (lásd a 8. színes mellékletet), Medicina, Noto (Olaszország), Onsala (Svédország), Torun (Lengyelország).

— Szovjet VLBI-hálózat: Krim, Puscino, Jevpatorija.

— Ausztrál VLBI-hálózat: Alice Springs, Fleurs, Hobart, Parkes, Tidbinbilla.

Ausztrália az amerikai hálózattal végez közös mérési programokat. Ez



5. ábra. Az UTI mérése VLBI módszerrel. Viszonyítás a BIH-körlevélben megadott érték

azért előnyös, mert a szeizmikusan nyugodtnak tekinthető ausztrál kontinens egy stabil platformként kezelhető a geodinamikai mérések szempontjából. Az ázsiai kontinensen Kínában, a sanghaji obszervatóriumban végeznek geodinamikai célú méréseket, az Effelsbergi obszervatóriummal együttműködve. A VLBI-rendszerek tervezett fejlesztésénél két momentum érdekes a geodinamika szempontjából. Az egyik a hosszú bázisvonalú antenna-sorozatok létrehozása (VLBA), melyek bázishossza 8000 km. A másik a QUASAT-terv, amikor az egyik rádióantenna mesterséges holdként mér extragalaktikus rádióforrásra, miközben a Földön levő másik antenna szimultán méri ugyanazt az objektumot. Ennek geodéziai „haszna”, hogy — mint arra magyar kutatók felhívták a program vezetőinek figyelmét — a kvazárok által meghatározott inerciarendszer közvetlenül összekapcsolható a Földhöz rögzített, vele együtt forgó koordináta-rendszerrel.

Az interferometrikus méréseket nemcsak természetes rádióforrások alkal-

mazásával lehet végezni, hanem mesterséges jelek feldolgozásával is. A rádióadó lehet a Holdon vagy egy műhold fedélzetén. Az alábbiakban a klasszikus VLBI-től eltérő rendszereket ismertetjük.

### *A Holdra történő interferométeres mérések*

Az Apollo-űrhajók által a Holdra szállított rádióadók adásait használták bejövőjelként ennél a módszernél. Ezeknek az ALSEP (Apollo Lunar Surface Experiments Package)-adóknak a segítségével mérhető volt a Hold pontos pályamozgása, így a Föld—Hold dinamikai rendszer néhány fontos paramétere is. Más természetes, illetve mesterséges jelekkel kombinálva is használják. Például a kvazár—ALSEP-mérések a Holdnak az inerciarendszerbeli mozgására, a mesterséges hold—ALSEP-mérések pedig — ha a műhold a Hold körül kering — a műhold pályameghatározására szolgálhatnak.

### *ARIES. Csillagászati rádióinterferometria alkalmazása a geodéziában*

A kéregmozgás dinamikájának vizsgálatára létrehozott amerikai kezdeményezésű program, a CDP (Crustal Dynamics Project) geodéziai célú, mozgatható VLBI állomásokat tervezett. Több ilyen terv létezik, többé-kevésbé megvalósítható formában. Történetileg első közülük az ARIES (Astronomical Radio Interferometric Earth Surveying), melyet a NASA szakemberei terveztek. Az ARIES olyan mozgatható állomás, amely a nagy, helyhez kötött rádióállomásokkal együtt, egy adott terület pontjain időről időre szimultán interferométeres méréseket végez. Jelenleg 3 ilyen állomás működik, 9 m-es, 5 m-es és 4 m-es antennával, Kalifornia területén. Két frekvencián mérnek, s a próbamérések alkalmával a tesztbázisvonalat  $\pm 3$  cm pontossággal határozták meg, mind a három dimenzióban. Az ARIES-rendszert a dél-kaliforniai szeizmikusan aktív terület állandó mérésére használják.

### *MITES. Miniatűr interferométeres terminálok*

A MITES olyan kisméretű interferométeres mérőrendszer, amely egy mesterséges hold jelét használja. Mivel a műholdak jelerőssége sokszorosa a természetes rádióforrásokénak (kb.  $10^5$ -szerese!), alkalmazásuk természetesen egyszerűsíti a felfogórendszer kiépítését.

Legalkalmasabb célpontnak a GPS-holdak tűnnek. Mivel e holdak sugárzásának sávzélessége kicsi (10 MHz), nehéz problémának tűnik az egyértelműség és a többszörös terjedés. A vizsgálatok szerint a kérdést úgy lehet megoldani, hogy szimultán több műholdat kell észlelni, lehetőleg úgy, hogy minden irányból érkezzenek jelek az antennára. Így kb. egyórás méréssel

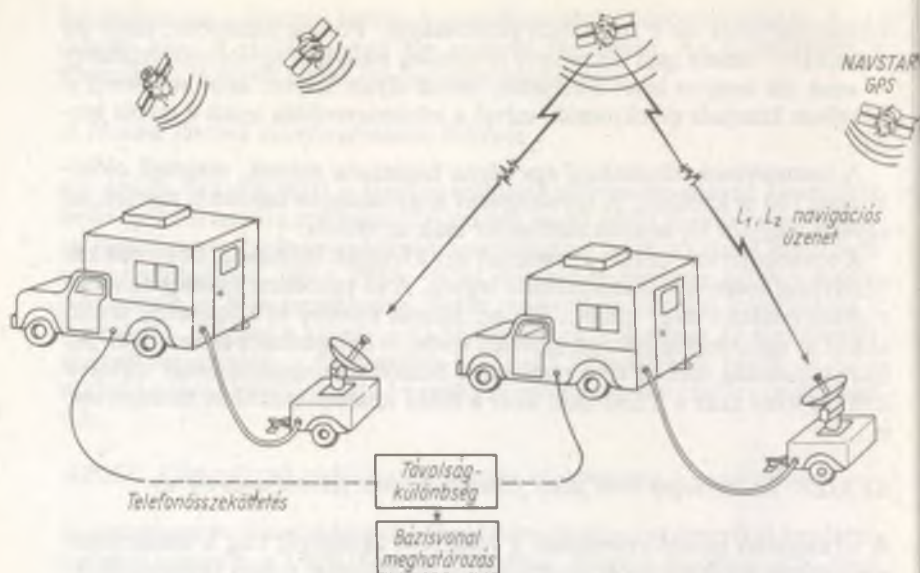
biztosítani lehet az 1 cm körüli pontosságot. Fontos szempont, hogy az antennát — amely igen kis méretű és minden irányban egyformán érzékeny — csak sík terepen lehet elhelyezni, illetve olyan helyen, ahol nincsenek a közelben kiterjedt objektumok, mivel a jelvisszaverődés miatt a mérés torzul.

A tesztmérések alkalmával egy olyan hálózaton mértek, melynek oldalhosszai 100 m körüliek. A távolságokat hagyományos módon is mérték, az egyezés nagyon jó, néhány milliméter csak az eltérés.

A további tervek szerint a rendszert úgy kívánják fejleszteni, hogy 400 km bázisvonalhosszon is alkalmazható legyen. A fő probléma jelenleg az adatrögzítő rendszer nagy mérete. Ha ezt sikerül kisebbé és könnyebbé tenni, akkor az egész mérőegyüttest egyetlen ember is mozgathatja és kezelheti. Az ígért pontosság mellett ez a rendszer a bázisvonal-meghatározást tekintve riválisa lehet akár a VLBI-nek, akár a többi interferometrikus módszernek is.

### *SERIES. Mesterséges hold jeleit felhasználó interferométeres mérés*

A természetes rádióforrásoknak a sugárzása zajjellegű, míg a mesterséges sugárforrás meghatározott modulációval rendelkezik. Ennek ismerete javíthatja a mérendő mennyiségek meghatározási pontosságát. A GPS-holdak rendszere (6. ábra) alkalmas arra, hogy a műhold adatait interferométeres megfigyelésre is használják. Az előbbiekből leírt rendszertől (MITES) függetlenül kidolgoztak egy olyan módszert, amely nem igényli a modulációs kódok ismereteit, csak a műholdpálya közelítő paramétereit. Ez a SERIES, *Satellite Emission Radio Interferometric Earth Surveying*. Ez a jelek fáziskülönbség-mérésén túlmenően késési időt is meghatároz. Így a  $2\pi$  szerinti többértelműség kiküszöbölhető. Míg az előbbi módszer egyszerre több csatornán több műholdat mér, addig a SERIES-nél egy adott időben csak egy műholdat kell mérnie a bázisvonal két végpontján elhelyezett vevőknek. Ez természetesen egyszerűsíti az adatrögzítés és adatfeldolgozás problémáját. Mindkét rendszer kb. 2—5 cm pontosságot ígér néhány 100 km bázisvonalhosszon. A rendszer működési sémáját a 6. ábrán látjuk. Egy ilyen tipikus állomás egy teherautóra szerelhető, 1,5 m átmérőjű tányérantennából, valamint az elektronikát és a kontrollfunkciókat magába foglaló egységből áll, amelyet szintén az autóra lehet szerelni, az áramellátást biztosító energia-hordozóval együtt. Ezenkívül egy kisszámítógépet használnak arra a célra, hogy az antennát a kiválasztott műhold irányába beállítsák. Ugyanez a számítógép rögzíti és dolgozza fel a beérkező jeleket. Végül minden állomás egy közönséges rubídium frekvenciastandardot használ időmegtározásra.



6. ábra. Interferométeres mérés a GPS műholdak segítségével

### GPS. Globális helymeghatározó rendszer (Global Positioning System)

A különböző navigációs rendszerek számának és fenntartási költségének a növekedése az 1970-es évek elejére túlnőtt az ésszerű határokon. Mindamellett, hogy ez a növekedés indokolt volt, az amerikai hadügyminisztérium elhatározta, hogy létrehoz egy kizárólag mesterséges holdakon alapuló, teljesen általános navigációs rendszert. Ezt több fázisban kívánták megvalósítani. A teljes rendszer, amelyet NAVSTAR-rendszernek is neveznek, lehetővé teszi majd, hogy a Föld bármely pontján igen rövid idő alatt pontos hely-, sebesség-, illetve időmeghatározást végezzenek, amennyiben a megfelelő vevőkészülék s egyéb kiegészítő információk a rendelkezésre állnak. Teljes kiépítettségét 1987 végére tervezik.

A GPS-rendszer felépítése és részben működése is hasonló a jelenleg polgári célokra használt NNSS doppleres helymeghatározó rendszeréhez. Három fő részből áll: a mesterséges holdakból, a Földön vagy valamilyen járművön elhelyezett vevőkészülékekből és az ún. „kontroll-követő” állomásból.

*A mesterséges holdak rendszere.* A rendszer végleges állapotában 18 mes-



terséges hold kering majd a Föld körül, félszinkron körpályán, 20 200 km magasságban. A műholdak 6 pályasíkban helyezkednek el, mindegyikben 3—3, a térben megfelelően elosztva. A pályák inklinációja  $55^\circ$ , keringési idő kb. 12 óra. Ez a konfiguráció (7. ábra) lehetővé teszi, hogy a Föld bármely pontján bármikor 4—7 műhold a horizont felett tartózkodjon.

A mesterséges holdakon nagy stabilitású atomórák szolgáltatják az időjelet, valamint egy 450 W teljesítményű adó folyamatosan sugároz az  $L_1 = 1575,42$  MHz és az  $L_2 = 1227,6$  MHz vivőfrekvenciákon. A két frekvencia az elsőrendű ionoszférikus hatás korrekciójának meghatározásához szükséges.

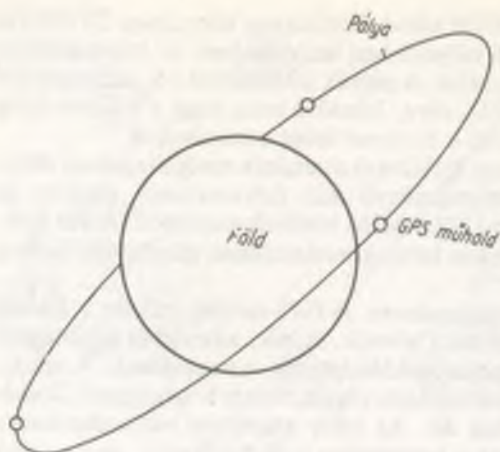
*A kontroll-követő állomások rendszere.* A GPS-holdak pályáit a kijelölt megfigyelőállomások folyamatosan követik. A mért adatokból egy meghatározott időintervallumban pálya- és időadatokat extrapolálnak. A számításokat egy központi kontrollállomáson végzik, amely a megfigyelőállomásokkal közvetlen kapcsolatban áll. Az előre számított pályaadatokat a betöltő állomás(ok) sugározzák a mesterséges hold fedézetére, ahol azokat a központi memóriában tárolják, és megfelelő időben a hold ezeket kisugározza (8. ábra).

*Vevőberendezések.* A GPS-holdak adásait vevő és feldolgozó berendezések céljuktól függően igen különbözőek lehetnek, de alapvetően mindegyik 3 részből áll:

- antenna,
- vevő, melybe nagy stabilitású referenciaoszillátort építettek be,
- adatrögzítő és -feldolgozó egység.

A vevő különböző üzemmódokban működhet, melyeket később ismertetünk. Egy geodéziai célokra alkalmas vevőrendszernek a következő tulajdonságokkal kell rendelkeznie: teljesen automatikus és terepi körülmények között is működik. Egy ilyen berendezéssel háromféle mérést végezhetünk. Távmérmést, doppleres mérést és interferométeres mérést. A vevőegység felépítése lehetővé teszi, hogy az észlelő a mesterséges holdak horizont feletti konfigurációjától függően válassza meg a mérés típusát és a mérendő holdakat. Az eredményül kapott idő és háromdimenziós hely- és sebességadatok azonnal rendelkezésre állnak. A szélső pontosság eléréséhez szükséges a vevő mellett egy páratartalom-mérő műszer használata. Ez méri a légkörben levő vízgőz nyomását, és ezt az értéket a feldolgozó program a troposzférikus korrekció számításakor figyelembe veszi. Az ilyen műszerek használata lehetővé teszi a helymeghatározásban a néhány centiméteres pontosság elérését.

*A rendszer működése.* A globális helymeghatározó rendszer működésének fontos feltétele az NTS rendszeridő sikeres létrehozása. A központi kontrollállomás (Master Control Station) feladata, hogy a  $10^{-12}$  és  $10^{-13}$  relatív pontosságú fedélzeti atomórákat néhány nanoszekundum pontossággal folyamatosan a koordinált világidőhöz (UTC) szinkronizálja. Az így kialakí-



7. ábra. Egy tipikus GPS műhold pályája és a pályán elhelyezkedő műholdak

8. ábra. A GPS kontroll-követő állomások rendszere



- $\Delta$  Követőállomás
- $\blacktriangle$  Központi kontrollállomás
- B Betöltőállomás
- S Mesterséges hold

tott, mesterséges holdakra alapozott időrendszer (Satellite Based Time System) ellenőrzésére már végeztek gyakorlati kísérleteket. 1976-ban 6 ország — Ausztrália, Kanada, Nagy-Britannia, Franciaország, NSZK és Japán — különböző időszolgálati központjainak időstandardjait szinkronizálták egymáshoz az NTS—1 és az NTS—2 mesterséges holdak által megvalósított rendszeridő segítségével. A szinkronizálás, amelyet földi, ún. utazóórával is ellenőriztek, mikroszekundumnál jobb eredménnyel sikerült.

A GPS-műholdak mindkét stabil vivőfrekvenciájukon modulált navigációs üzeneteket továbbítanak a vevőkészülékek felé, éspedig saját efemeridáikról, valamint atomórájuk viselkedéséről. Az  $L_1$  vivőfrekvenciát kétféle,

ún. „Pseudorandom zajú” kódsorozattal fázismodulálják. Az egyik a P (pontos vagy precíz) kód, amely egy bináris álvéletlen sorozat. A másik a C/A (clear aquisition) kód, amely hasonló a P kódhoz, de frekvenciája alacsonyabb. Ez a kód minden ezredmásodpercben megismétlődik, és ezzel biztosítják a hosszabb kódhosszú P kódhoz való gyors hozzáférést is. A mesterséges hold által sugárzott kódolt üzenet pálya- és időinformációt tartalmaz. A P kód 10,23 MHz frekvenciájú, négyyszögjelekből álló bináris álvéletlen jelsorozat, amelynek amplitúdója +1 és -1 között váltakozik, a kódsorozat ciklusától függően. A P kód hosszú, finom felbontású, nagy pontosságú kód, célja a nagy pontosságú időszolgálat ellátása és a pontos helymeghatározás. Az „álvéletlen” jelző arra utal, hogy a moduláló kódsorozatot véletlenszám-generátorral — más néven fehérzaj-generátorral — állítják elő, amely tehát sztochasztikusan változó szélességű négyyszögimpulzusokat generál, de amelynél a generálás kulcsa az előállító számára mégis ismert, s a jelsornak van egy periódusa is. Ez azonban például a P kód esetében 38 hét, a generálás kulcsát viszont hetente változtatják, így módon a P kódsorozat gyakorlatilag megismerhetetlen, egyelőre polgári célokra nem használható.

A másikfajta kód, a C/A lényegében azonos modulációt valósít meg, mint a P kód, ez azonban egy 1,023 MHz frekvenciájú, rövidebb periódusidejű kódsorozat, amelynek célja a gyors navigáció, a könnyű hozzáférhetőség biztosítása, esetleg épp annak megkönnyítése, hogy a vevő, mintegy lépcsőn át, a C/A kódon keresztül könnyebben hozzáférhessen a bonyolultabb P kódhoz.

A P kód és a C/A egymásra merőlegesen polarizáltak, azért, hogy ugyanazt a vevőfrekvenciát használhassák továbbításukra. Megjegyzendő még az, hogy minden GPS mesterséges hold eltérő P, illetve C/A kódsorozatot használ.

Ilyen technikai feltételek mellett érzékelhető, hogy a vevőkészülékeknek bonyolult és pontos információátviteli feladatokat kell megoldaniuk. A vevőkészülékekben ugyancsak elhelyeznek egy-egy, a mesterséges holdakon levővel megegyező véletlenszám-generátort, s a szóba jöhető generálási kulcsokat aktivizáló áramköri elemek közül az éppen aktuálisat mindig a műholdról kisugárzott üzenet egy megfelelő része hozza működésbe. A bejövő jeleket keresztkorrelálják a vevő által generált hasonló referenciajelekkel. A keresztkorreláció maximumához tartozó időkésést — tehát tulajdonképpen a jelnek a mesterséges holdtól a vevőig tartó futási idejét — megszorozzák a mikrohullámok vákuumbeli terjedési sebességével, s így egy ún. pszeudotávolságot kapnak. Ezt a pszeudotávolságot  $L_1$  és  $L_2$  segítségével ionoszférikus korrekcióval, továbbá különböző késleltetési okok, például troposzférikus hatások miatti javítással látják el. A korrigált pszeudotávolság tartalmaz még egy ismeretlen, de állandó hibát a GPS mesterséges hold atomórája és a vevőóra közti fáziseltérés miatt. Ezt az ismeretlent, mint az

órák eltérését, az  $X$ ,  $Y$ ,  $Z$  vevőkoordináták mellett negyedik ismeretlennek tekintik. Négy GPS-holdra végzett egyidejű mérésből e négy ismeretlen meghatározható.

A helymeghatározás nemcsak ezen az elven képzelhető el, hanem megoldható az ismert Doppler-technikával is.

Megemlítjük még azt is, hogy a viszonylag magasan keringő GPS mesterséges holdak stabil frekvenciáit egy VLBI-típusú helymeghatározásra is fel lehet használni. Különleges kialakítású vevőkészülékek segítségével a PRN modulált vivőhullámok egyidejű vételével, a hosszú bázisvonalú rádióinterferometria (VLBI) módszeréhez hasonlóan, bázisvonalhosszat lehet mérni, amennyiben a bázisvonal hossza 100 km-nél rövidebb.

A vevőkészülékek közül tehát azoknak, amelyek a legpontosabb geodéziai helymeghatározások elvégzésére lesznek hivatottak, a következőket kell tudniuk: vétel  $L_1$  és  $L_2$  frekvencián, a P és a C/A kód dekódolása, értelmezése; mindezt egyidejűleg négy mesterséges holdra vonatkozóan kell elvégezni, és pedig folyamatosan, mindig automatikusan választva ki a fizikailag észlelhető GPS-holdak közül a négy optimálisat. Ezenkívül alternatívan soros észlelési üzemmódra is alkalmasnak kell lennie.

1985-ben 7 NAVSTAR-hold kering a Föld körül, ebből 5 működik. Már több kísérleti mérést is végeztek, mind a távolságmérési (PR), mind pedig a Doppler-mérési módszerrel. Több cég is kifejlesztett GPS-vevőt, többféle céllal, navigációs és geodéziai pontossággal. Természetesen egy navigációs berendezés egyszerűbb, gyorsabb helymeghatározást tesz lehetővé, mint a geodéziai megoldás, így az olcsóbb is lesz. A geodéziai vevők kialakításuktól függően lesznek használhatók különböző feladatok megoldására. Jelenleg úgy tűnik, hogy a C/A kód minden felhasználó számára hozzáférhető lesz, a nagyobb pontosságot lehetővé tevő P kódot pedig speciális felhasználók megvásárolhatják.

Látható, hogy a kitűzött cél, azaz az 1–2 cm pontosságot adó helymeghatározás megvalósítható a közeljövőben a GPS-rendszer segítségével. Addig is igen nagy feladatok várnak a téma elméleti és gyakorlati kutatói számára. Többek között ki kell dolgozni azt a matematikai modellt, amely előállítja a GPS-jeleket a vevőben, valamint a Doppler-rendszerhez hasonlóan az eredmények feldolgozásához egy komplett programcsomagot kell kifejleszteni. Végül, de nem utolsósorban, meg kell határozni adott számú vevőkészülék szimultán működésének optimális módszerét is.

## A FÖLDALAK-MEGHATÁROZÁS TÖRTÉNETE

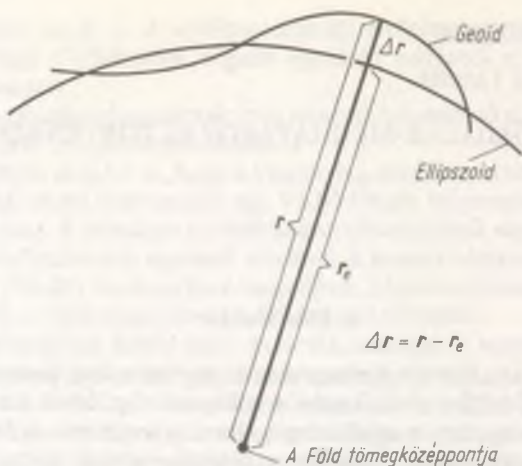
## A Föld alakja

A Föld alakján elméleti értelemben nem bolygónk valódi geometriai felszínét értjük. Ez a felület a változatos domborzati viszonyok következtében meglehetősen bonyolult, és egyébként is állandóan változik. A Föld elméleti alakja matematikai-fizikai fogalom: a nehézségi erőter potenciáljának a közepes tengerszinttel egybeeső szintfelülete. Ezt a geometriailag meglehetősen szabálytalan felületet Listing nyomán geoidnak nevezzük. Minden szabálytalansága mellett azonban a geoid közel áll a forgási ellipszoid alakhoz; eltérésük maximuma 0,0015%, abszolút értékben alig haladja meg a 100 m-t. Ennek a geoidhoz nagyon közel álló ellipszoidnak a gömbtől való eltérése pedig kisebb mint 0,2%. A geoid meghatározásának pontossága az utóbbi 25 évben, a műholdpályák elemzésének felhasználásával, több nagyságrenddel megnőtt. Mai ismereteink szerint a Föld alakját maximum 2 m-es hibával tudjuk számítani.

A geoid tehát közel áll egy forgási ellipszoidhoz, pontjainak helyzetét is erre vonatkoztatva adjuk meg. Legyen a geoid valamely  $P$  pontjának a Föld tömegközéppontjától mért távolsága  $r$ . A geoidot azonban nem ezzel a sugárirányú távolsággal, hanem az *1. ábra* szerinti  $\Delta r$  eltéréssel jellemezzük. A  $\Delta r$ -ek, az ún. geoidmagasságok, tehát a geoid és az őt közelítő forgási ellipszoid sugárirányú eltérései.

A forgási ellipszoidot két adat határozza meg. A földi ellipszoidot fél nagytengelyének hosszával és lapultságával szokás jellemezni. Ez utóbbi a két tengely különbségének és a nagytengely hosszának a hányadosa. Az ellipszoidot fizikailag a Föld valódi nehézségi erőterét megközelítő ún. normál nehézségi erőternek a geoidéval egyenlő potenciálértékű (ellipszoid alakú) szintfelületeként értelmezzük.

A forgási ellipszoid mint vonatkoztatási felület elsősorban a geodézia tudománya számára fontos fogalom. Ezért időről időre, a legújabb mérési eredmények felhasználásával rögzítik geometriai és fizikai állandóinak nemzetközileg elfogadott értékét. Például az 1979-ben Canberrában tartott IUGG-közgyűlésen határozták meg a GRS (Geodetic Reference System) 1980 paraméterrendszerét. Néhány fontosabb állandó értéke:



1. ábra. A geoidmagasság értelmezése

a geocentrikus gravitációs állandó:  $3\,986\,005 \cdot 10^8 \text{ m}^3/\text{s}^2$   
 az egyenlítői fél nagytengely:  $6\,378\,137 \text{ m}$   
 az ellipszoid lapultsága:  $1/298,2522$   
 az ellipszoid potenciálértéke:  $62\,636\,860,85 \text{ m}^2/\text{s}^2$

A Föld alakjának mind pontosabb megismerésére természetesen jelenleg is folynak vizsgálatok. Az egyenlítői fél nagytengely számértékének a vonatkozásában például néhány, 1980-ban született eredmény: Anderle Doppler-, lézer- és altiméteradatok alapján  $6\,378\,139 \pm 1 \text{ m}$ -ben állapította meg ezt az értéket; Gaposchkinnek a Geos—3 altiméteradataiból és földi gravitációs mérésekből kapott eredménye  $6\,378\,138,23 \pm 1,3 \text{ m}$ ; ugyanekkor a SEASAT altiméteres méréseiből számított fél nagytengely  $6\,378\,135 \pm 1 \text{ m}$ .

Az emberi megismerés azonban hosszú utat járt be eddig, míg a Föld alakjának kérdésében már legfeljebb csak néhány méter pontossága van hátra. Ismerkedjünk meg ennek az útnak érdekes történetével!

### Történeti áttekintés

Végig fogjuk kísérni a Föld alakjára vonatkozó tudományos nézetek fejlődését az ókori görögöktől napjainkig. Az anyag bősége miatt természetesen csak néhány, tudománytörténetileg is érdekes mozzanat kiragadására van lehetőségünk.

Az ókori elképzeléseket meglehetősen korlátozta az, hogy nem ismerhették a tömegvonzásnak a problémával kapcsolatos fontos szerepét. Arisztotelész (i. e. 384—322) szerint például a testek azért esnek a Föld felszínére, mert az a természetes helyük. Ugyanakkor ő volt az első, aki a Föld gömb alakja mellett bizonyítékokat is igyekezett felhozni. Ismerkedjünk meg ezek közül a legérdekesebbekkel:

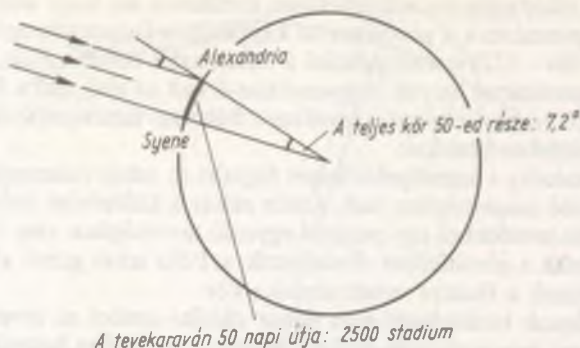
a) A víz mindig a legmélyebb helyet foglalja el, tehát valamennyi tengerfelület egyenlő magasságban van. Amde ekkor a különböző helyeken levő vizek felszíne mindenhol egy ponttól egyenlő távolságban van; ilyen tulajdonsággal csak a gömbfelület rendelkezik, a Föld tehát gömb alakú.

b) A Földnek a Holdra vetett árnyéka kör.

Mai tudásunk birtokában nem nehéz cáfolni ezeket az érveket, mégis meglepő, hogy egyszerűségük mellett milyen meggyőzően hatnak. Az igazsághoz hozzá tartozik, hogy már korábban is többen gömb alakúnak tartották a Földet (például Anaxagorasz, Püthagorasz vagy Thalész, aki tanította is ezt), azonban először Arisztotelész próbálta meg ezt bizonyítani is. Őt tekinthetjük tehát az elsőnek, aki a Föld alakjára vonatkozóan tudományos igényű megállapítást tett.

A Föld gömbölyűségére vonatkozó nézet csillagászati megfigyelések alapján fejlődött tovább. Megfigyelték, hogy észak felé haladva a Sarkcsillag magassága a megtett úttal arányosan emelkedik. Nyugat felé haladva valamely csillag egyenlő útnak megfelelően egyenlő idővel későbbben kel fel, kelet felé haladva pedig korábban. A Föld tehát két irányban rendelkezik egyenletes görbültséggel. Mivel ezt a feltételt csak a gömbfelület teljesíti, ezért ezen közvetlen bizonyíték birtokában már az időszámításunk kezdetét megelőző időben is bátran állították, hogy a Föld gömb alakú.

A Föld felszínének görbültségét nyilvánvalóan csak méréssel lehet megállapítani. Eratoszthenész (i. e. 275—194) volt az első, aki — a kor lehetőségeihez képest csodálatra méltóan pontosan — ezt a mérést végrehajtotta. Ismerkedjünk meg ennek a híres mérésnek a módszerével és eredményével! Eratoszthenész észrevette, hogy a nyári napfordulón Szüénében (ez dél-egyiptomi település volt a mai Asszuán vidékén, régi írásmóddal: Syene) a legmagasabb napálláskor a Nap éppen zenitben van, mert a képe egy kút vizében visszatükröződik. Ugyanekkor azonban Alexandriában a zenitől  $7\frac{1}{2}$ -ra, a teljes kör 50-ed részére látszik. Ezt egyszerűen egy függőleges pálca árnyékának a megfigyelésével mérte; minél alacsonyabban áll ugyanis a Nap, annál hosszabb a vetett árnyék. Eratoszthenész úgy gondolta (és ebben nem is sokat tévedett), hogy Szüéné és Alexandria ugyanazon a délkörön van, a két város távolságának és a mért szögértéknek a segítségével tehát a teljes kör területének hossza meghatározható. Szüénéből Alexandriába 50 nap alatt ért el a tevekaraván, egy tevekaraván egy napi útja 100 sztadion, a Föld délkörének a hossza tehát 250 000 sztadion (2. ábra). Ha ezt az ún. attikai sztadionban értjük (1 attikai sztadion = 185 m), akkor a Föld



2. ábra. Eratoszthenész mérésének vázlatja

sugarára 7360 km adódik, ami az igen egyszerű eszközoeket figyelembe véve, csodálatos eredmény. (Megjegyezzük azonban, hogy az ókorban többféle sztadiont is használtak, amelyeknek értéke mai hosszegységben 157—211 m között változik, és nem ismeretes, hogy ez a mérési eredmény valójában melyik sztadionban értendő.) Eratoszthenész módszerének alapelve a mai napig fennmaradt, és fokmérés néven ismeretes.

Az ókorból ismeretes másik mérési eredmény Poszeidóniosz nevéhez (i. e. 103—19) fűződik. Ő a Canopus csillag zenitávolságát figyelte meg Rhodosz szigetén és Alexandriában. Eredménye a Föld sugarára mai hosszúságegységben kb. 5300 km.

Összefoglalóan megállapíthatjuk tehát, hogy időszámításunk kezdetén már meglepően sok ismerettel rendelkezett a tudományos világ a Föld alakjáról. A hellén kultúra hanyatlását követően azután több mint ezer évig nem törődött az emberiség a Föld alakjának megismerésével. Csak a hajózás tökéletesedésével, a minél távolabbi úti célok elérésének vágya vetette fel ismét a probléma tudományos igényű vizsgálatát. Ismeretes, hogy a Kolumbusz útja előtti időig a Föld alakja főként világnézeti-vallási problémaként szerepelt.

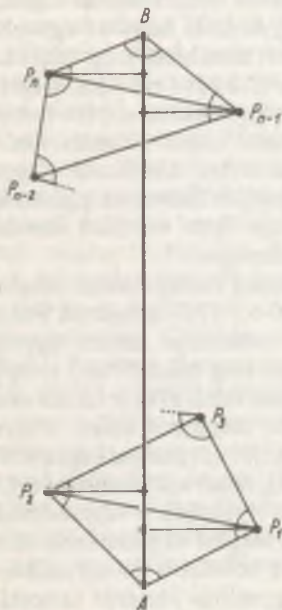
A XVI. század elején (1525) Fernel francia orvos végzett fokmérést Párizs és Amiens között, miután meggyőződött róla, hogy a két város közelítőleg ugyanazon a délkörön fekszik. A távolságot egy kocsikerék fordulatainak száma alapján határozta meg; eredményül  $1^\circ$  hosszát mai egységben 111 km-nek állapította meg. Ez meglepően pontos eredmény.

Az ezt követő időszak fokméréseiben jelentős javulást hozott Snellius háromszögelési módszere. A korábbi mérések legnagyobb hibája ugyanis távol eső pontok távolságának meghatározásából adódott. A háromszögelő módszer használatával csak két közeli pont távolságát kell közvetlenül



mérni, azután — a mérési hálózat sarokpontjaiból háromszögeket kialakítva és az oldalak által bezárt szögeket megmérve — háromszögről háromszögre haladva, az oldalhosszakat már számolva, haladunk a távoli pont felé. A módszer lényegét a 3. ábra szemlélteti. Az  $A$  és  $B$  azonos meridiánon fekvő, két távoli pont. Meghatározva az egymáshoz közel fekvő  $P_1$  és  $P_2$  pont helyzetét (távolságát), az  $AP_1P_2, P_1P_2P_3, \dots, P_{n-1}P_nB$  háromszögekre vonatkozó egyszerű összefüggésekből számítható az  $AB$  távolság. Maga Snellius 1615-ben végzett fokmérést, ami azonban elég rossz eredményre vezetett.

A korai fokmérések közül a legnevezetesebb Picard abbé nevéhez fűződik. Ő már szálkeresztes távcsővel végezte méréseit, ezért a szögeket már pontosabban tudta megállapítani. Picard Malvoisine és Amiens között végezte méréseit 1669—1670-ben. A két végpont földrajzisélesség-különbségét  $1^\circ 22' 58''$ -ben állapította meg, amiből az  $1^\circ$ -os ívdarab hosszára 57 060 toise-t számított. Mivel 1 toise kb. 1,95 m, ezért a mai hosszúságegységben ebből 6372 km adódik a Föld sugarára. Ez meglepően jó eredmény. A mérés nemcsak az először alkalmazott szálkeresztes távcső miatt nevezetes. Ismeretes, hogy Newton ezen mérés eredményének felhasználásával igazolta gravitációs törvényét.



3. ábra. A Snellius-féle háromszögelő módszer vázlatja

Newton munkássága — mint mindenben, amivel foglalkozott — a Föld alakjának megismerése szempontjából is korszakalkotó. Ő vizsgálta elsőként azt a problémát, hogy vajon szabályos gömb alak-e a Föld felszíne, vagy más görbült felület. Newton saját dinamikájának első alkalmazásaként vizsgálni kezdte a Föld felületén levő testek súlyának és a Föld forgásából adódó erőhatásnak a viszonyát. A Föld forgása ellen ugyanis már az ókorban felhozták azt az — egyébként nagyon logikusnak tűnő — érvet, hogy a forgás következtében a tárgyak lerepülnének a Föld felületéről. Newton megmutatta, hogy ez a hatás a tömegvonzáshoz viszonyítva olyan kicsi, hogy teljességgel cáfolja ezt az érvet, ugyanakkor azonban elegendő ahhoz, hogy méréssel kimutatható legyen. A nehézségi gyorsulás értékebe a Föld forgása tehát belejátszik. A forgás miatt fellépő centrifugális erő a tengelytől való távolság függvénye; maximális az egyenlítőn, a sarkokon pedig zérus értékű. A centrifugális erőnek a helyi függőleges irányába eső összetevője a gravitációs vonzóerővel ellentétes értelemben hat. Ebből kiindulva Newton Huygensszel együtt már 1669-ben kimondta, hogy a Föld felszíne a forgás folytán nem lehet tökéletes gömb, hanem a sarkoknál belapult alak, az ő elnevezésükkel szferoid.

Ezt igazolta 1671-ben Richer francia csillagász, aki Cayenne-ba utazva azt tapasztalta, hogy Párizsból hozott pontos ingaórája itt naponta 150 s-ot késik. Richer ezt úgy magyarázta, hogy az egyenlítő közelében az ingára kisebb gyorsítóerő hat, ezért lassabban leng, tehát késik. Mivel ugyanekkor Picard a dán szigeteken tartózkodva ezt a jelenséget nem észlelte, a Francia Tudományos Akadémia nem fogadta el Newton érvelését; ezzel kezdetét vette a majdnem 70 évig tartó angol—francia vita. A franciák a Cayenneben észlelt késést a hőmérséklet-változással magyarázták: a nagy meleg hatására az ingarúd megnyúlt, ez okozta az ingaóra késését. Newton ezt nem fogadta el, kimutatta, hogy ilyen mértékű lassuláshoz legalább 200 °C hőmérséklet-emelkedés szükséges.

A kérdés eldöntésére Picard fokmérésének meghosszabítását határozták el. Cassini vezetésével 1680-tól 1700-ig mértek Franciaország északi és déli részén. Az északi mérés eredménye szerint egy meridiánfokhoz tartozó ívdarab hossza 56 960 toise, míg délen 57 097 toise hosszúságúnak mérték. A 20 évig tartó mérésorozat tehát arra a furcsa eredményre vezetett, hogy a Föld a sarkok irányába megnyúlt alakú. Figyelemre méltó az angol ellenérv: mindkét mérés a teljes körnek csak igen rövid ívén történt, ez pedig a csekély mértékű lapultság miatt azt eredményezi, hogy a mérés kis hibái is igen nagy mértékben befolyásolják a végeredmény helyességét.

Az angolok tehát olyan forgási ellipszoidnak tartották a Földet, amelynek É—D irányú tengelye rövidebb az egyenlítői átmérőnél, a franciák pedig pont fordítva: az egyenlítői átmérőt tartották rövidebbnek. A vita nemcsak tudományos körökben folyt. Bizonyítja ezt Voltaire szellemes mondása: „Ha az ember Londonból Párizsba jön, okvetlenül meg kell

változnia gondolkodásának, mert Londonban a Földet narancsnak, Párizsban pedig citromnak tartják.”

1735-ben XV. Lajos király utasítására kezdődött a kérdést eldöntő mérés-sorozat. Bouguer Peruban, Maupertuis pedig a Lappföldön vezetett fokmérést. Az eredmény a „narancs” alakot igazolta: Peruban a délkör egyfoknyi íve rövidebb, mint Párizsban, a Sarkkör magasságában pedig hosszabb. Az angol álláspont helyessége tehát éppen francia segítséggel bizonyosodott be.

Bouguer a mérések mellett a problémakör elméleti részével is behatóan foglalkozott. A fokmérések feldolgozására vonatkozó matematikai összefüggései az utókor számára is irányadóak. Bouguer nyomtatásban is kiadta elméleti vizsgálatait és a perui mérések eredményeit.\* Ez a könyv korszakalkotó nemcsak a fokmérések történetében, hanem a Föld alakjára vonatkozó kérdésekben is. Később Bouguer és Maupertuis között vita kezdődött, egymás méréseit és számításait kifogásolták. Ellenőrző számításai alapján Bouguer túlságosan nagynak tartotta a Maupertuis által meghatározott lapultság értékét. Az utókor ugyan teljes mértékben Bouguer-t igazolta, mégis — az expedíció fáradalmi mellett — a Maupertuis-vel folytatott heves küzdelem vezetett 1758-ban Bouguer korai halálához.

A XVIII. század második felére, a nagy fokmérések vitáinak lezajlása után, lényegében már igen világos képe volt az emberiségnek a Föld alakjáról. Az akkori álláspont szerint tehát a Föld (a domborzat egyenletlenségeitől eltekintve) forgási ellipszoid alakú, mely a sarkok irányában lapult. Hátravolt még egyrészt az ellipszoid méreteinek pontosabb megállapítása, másrészt annak méréssel történő igazolása, hogy a Föld valóban ilyen szabályos alakú test. Az ellipszoid méretei körüli problémákat már a korai mérések eredményei is jelezték. Newton elméletileg megállapított  $1/230$  lapultságértékétől eltérően, Bouguer eredménye  $1/279$ , Maupertuis-é  $1/178$ . Nyilvánvalóvá vált, hogy sok és minél hosszabb íven történő mérés szükséges a pontosabb méretek meghatározásához. A XVIII. század közepétől egészen a mi századunk közepéig végeztek ilyen jellegű méréseket. Idézünk fel néhány fontos mérést és eredményt!

Az Alkotmányozó Nemzetgyűlés 1790-ben (világhírű tudósok, elsősorban Condorcet, Lagrange és Laplace szorgalmazására) megbízta a Francia Tudományos Akadémiát a Föld méreteit eldöntő mérésorozat végrehajtásával. Ez a mérés több szempontból is igen nevezetes. Dunkerque-től Barcelonáig mintegy 3000 km-es, tehát nagyon hosszú meridiáníven mértek egyvégtében. A mérést vezető Delambre és Mechian a forradalmat követő zavaros politikai helyzetben nehéz, olykor életveszélyes körülmények között végezte munkáját. (Előfordult, hogy a bizonytalan idők miatt gyanakvó nép kémeknek nézte őket, akik misztikus eszközeikkel a vesztükre törnek.)

\* *La figure de la terre, déterminée par les observations de M. M. De la Condamine et Bouguer.* Paris, 1749.

A mérések befejeztével közzétett eredményük: az ellipszoid fél nagytengelye 3 271 180 toise (6 375 653 m), lapultsága  $1/334$ . Mai ismereteink birtokában ezeket a számokat eléggé rossznak tartjuk. Az akkori tudományos közvélemény azonban olyan jónak ítélte őket, hogy ennek a fokmérésnek az alapján létrehozták az emberi alkotástól független első hosszúságegységet, a métert. Az 1799. június 24-én tartott nemzetgyűlés kimondta, hogy 1 m hosszú a Párizson áthaladó meridiánkör 40 milliomod része:  $1 \text{ m} = 0,513\,074 \text{ toise}$ .

A szélességifok-mérések mellett a XIX. század elején megindultak a hosszúságifok-mérések is. Ezek elsősorban azt voltak hivatottak tisztázni, hogy vajon forgási ellipszoid alakú-e a Föld. Egyazon szélességi körön ugyanis az  $1^\circ$ -nak megfelelő ívnek ugyanolyan hosszúságúnak kell lennie, bárhol mérjük is, ha a szélességi kör csakugyan kör. A hosszúságifok-mérésekhez az ívhez tartozó középponti szög meghatározásához 1857-ben az orosz fokmérésben alkalmaztak először távirójelzést. Ennek segítségével a két mérési pont helyi idejének különbsége alapján számítható a középponti szög. A későbbi mérésekben azután ez a módszer terjedt el.

Az első hosszúságifok-mérést Laplace kívánságára 1811-ben a  $14^\circ$  szélességnél végezték. 1820-ban a mai Olaszország északi részén folyt ilyen mérés, ebben az ott állomásozó magyar katonák is részt vettek. Már ezek az első mérések jelezték, hogy a Föld alakja nem lehet forgási ellipszoid. Az olasz mérésekben például, ahol  $1^\circ$  hossza igazi kör esetén 77 854 m, a következő eltérő eredmények adódtak: a Morennes és St. Preuil között mért hosszúságból  $1^\circ = 77\,992 \text{ m}$ , Genova és Milánó között 77 825 m, a Padova és Fiume között pedig 78 067 m.

A XIX. század elején tehát ellentmondás mutatkozott az elmélet és a gyakorlat között. Newton óta ismeretesek voltak a Föld alakját kialakító erőhatások (a tömegvonzás és a Föld forgása következtében fellépő centrifugális erő), ezeknek következtében a Föld elméleti alakja a sarkokon lapult forgási ellipszoid kellene legyen. Azonban mind a szélességi, mind a hosszúságifok-mérések azt mutatták, hogy ha csekély mértékben is, de határozott eltérések mutatkoznak ettől a szabályos alaktól, éspedig földrajzilag különböző helyeken más és más eltérések.

Az ellentmondás feloldása Gauss nevéhez fűződik, aki 1820-tól kezdve foglalkozott behatóan potenciálméleti problémákkal és geodéziai számításokkal. Idézzük teljes egészében a Föld elméleti alakjára vonatkozó megállapítását. „Amit mi geometriai értelemben a Föld felszínének nevezünk, az nem egyéb, mint olyan felület, amely a nehézségi erő irányát mindenütt merőlegesen metszi, és amelynek egy részét a világtenger felszíne valósítja meg. A nehézségi erő irányát viszont minden pontban a Föld szilárd része és annak egyenlőtlen sűrűsége határozza meg. A geometriai felszín tehát ezen egyenlőtlen eloszlású elemek összehatásának eredménye, és ahelyett, hogy a szabálytalanság kétségtelen bizonyosságán megütköznénk, úgy tűnik, hogy inkább azon kell csodálkoznunk, hogy azok nem még nagyobbak.

A dolgok ilyen állása mellett azonban továbbra sincs akadályja annak, hogy a Földet mint egészét forgási ellipszoidként tekintsük, amely a valódi geometriai felszíntől hol erősebb, hol gyengébb undulációkkal eltér." Gauss fogalmazta meg tehát szabatosan azt, amit ma a Föld elméleti alakján értünk. Megjegyezzük, hogy az általa bevezetett geoidunduláció és a geoidmagasság azonos fogalmak.

A múlt század méréseiről átfogó képet ad a következő táblázat, ahol néhány, különböző szerzőtől származó ellipszoid-adatpárt tüntettünk fel. Ez a néhány szám természetesen sok, hosszú ideig tartó mérésorozat eredménye.

		a fél nagyengely (m)	lapultság
Walbeck	1819	6 376 896	1/302,8
Airy	1830	6 377 276	1/299,3
Bessel	1841	6 377 397	1/299,2
Clarke I	1866	6 378 206	1/295,0
Clarke II	1880	6 378 249	1/293,5
Hayford	1909	6 378 388	1/297

A fokmérések mellett a múlt század húszas éveitől megindultak a nehézségi gyorsulás megállapítására szolgáló ingamérések. Egyazon inga lengésideje különböző szélességeken más és más, a lengésidek alapján a földi ellipszoid lapultsága számítható. Ugyanakkor az inga lengésideje egyszerű matematikai kapcsolatban áll a nehézségi gyorsulással. Mivel ez az erőter potenciáljának gradiense, tehát a földfelszínen kellő számú mérést végrehajtva, a geoidunduláció értéke is számítható. Ezeknek a méréseknek az értékelése azonban nem egyszerű, a mért értékek összehasonlíthatóságához több bonyolult redukció végrehajtása szükséges. Az első nevezetesebb mérések Besselnek, a königsbergi csillagászati obszervatórium igazgatójának nevéhez fűződnek. Méréseinek érdekessége az volt, hogy egyszerre két különböző inga lengésidejét figyelte (az ingarudak hosszúságkülönbsége pontosan 1 m volt), ezzel a hosszúságmérés hibájának hatását kívánta csökkenteni.

Hogy századunk elején hol tartott a tudomány a Föld alakjának megismerésében, erre vonatkozóan idézzük Makay István 1902-ben írt cikkének befejező mondatait: „A Föld alakjának meghatározása tehát még hosszú, kitartó tudományos munkát igényel, s mint minden a természetben, úgy a Föld alakja is bármilyen egyszerűnek látszik, szigorúan vizsgálva igen complicált, azért is a Föld saját külön alakját Geoidnak nevezzük. De minden adat becses, mely a Föld alakjának, a geoidnak ismeretét bővíti.”

Századunk első felében a Föld alakjának kérdésével elsősorban a geodézia tudománya foglalkozott. A földi pontok abszolút helyének meghatározása

ugyanis szükségessé teszi valamilyen egységes alapfelület bevezetését, amelyen a pontok helyzete viszonylag egyszerű mérési és matematikai eszközökkel rögzíthető. Bonyolultsága miatt a geoid ennek a célnak nem felel meg, a geodéták tehát a geoidhoz legjobban simuló forgási ellipszoid paramétereinek meghatározására törekedtek. Ez olyan ellipszoidot jelent, melynek normálisa és a helyi függőleges által bezárt szög eltérése (az ún. függővonal-elhajlás), pontosabban négyzetösszegük minimális az egész mérési hálózatban. Ennek az egész Földre vonatkozó meghatározása azonban igen nagy nehézségekbe ütközött. A Föld tengerekkel borított részén ugyanis nem tudtak mérni, ezért a különböző kontinensek hálózatait nem lehetett összekapcsolni.

A nemzetközi kapcsolatok elősegítése és az egységesség céljából az 1924-ben Madridban rendezett közgyűlésen az IUGG elfogadta Hayford (1909) ellipszoidját nemzetközi referenciaellipszoidként. Hogy ez mennyire nem oldotta meg a problémákat, azt például a magyarországi gyakorlat is mutatja. Alapfelületként kezdetben Walbeck, azután Bessel ellipszoidját használtuk, ennek még számos mai geodéziai adat vonatkozásában is van szerepe. A későbbi mérések eredményeit pedig a szocialista országokban egységesen használt Krasszovszkij-féle (1942) ellipszoidon számítottuk, több mint két évtizeden át.

A Föld alakjának megismerésében a mesterséges holdak megjelenése nyitott új fejezetet. Az első szputnyik fellövésének időpontja: 1957. október 4. Az utolsó harminc év alatt ismertük meg tehát bolygónk alakját a hihetetlennek tűnő, 2 m-es pontossággal.

### A Föld alakja a mesterséges holdak megfigyelései alapján

A gondolat, hogy a Föld alakja egy körülötte keringő hold pályájának ismeretében számítható, Laplace-tól származik. Még a XVIII. század végén közölte azt a nézetét a tudományos világgal, hogy a csillagásznak el sem kell mozdulnia távcsöve mellől ennek a nevezetes problémának a tanulmányozásához. Ugyanis, ha a Föld tökéletes gömb lenne, akkor a Hold állandó helyzetű, méretű és alakú ellipszispályán keringene körülötte. Ennek az ellipszisnek az adatai számíthatók. Ha ezután ténylegesen megfigyeljük, hogy a Hold valóban ott van-e, ahol a számítás szerint lennie kellene, akkor tapasztaljuk, hogy nem; a Föld tehát nem gömb alakú. A Hold számított és megfigyelt pozíciójának különbsége, a Hold mozgásának ún. perturbációja szigorú matematikai kapcsolatban van a Föld alakjával; a megfigyelt perturbációértékekből tehát számítható a Föld alakja. A múlt században Hansen, Faye és Hill végeztek ilyen jellegű megfigyeléseket, eredményül a földi ellipszoid lapultságára  $1/293$  és  $1/296$  közötti értékeket kaptak.

A mesterséges hold jóval közelebbi pályán kering, mint a Hold, tömege

elenyészően kicsi a Földéhez képest, ezért mozgásának vizsgálatából a Föld alakjának finomabb részletei is számíthatók. Ez a bonyolult feladat az égimechanika perturbációszámítással foglalkozó részének témaköre. Izsák Imre (1929—1965) magyar származású fizikus dolgozta ki azt a módszert, amellyel a mesterséges hold pályaperturbációiból a Föld gravitációs potenciál-függvénye meghatározható. Ennek ismeretében számítható a  $\Delta r$  geoidmagasság-függvény (a geoid és az ellipszoid sugárirányú eltérése).

Az ellipszoidot fizikailag a Föld valódi nehézségi erőterét megközelítő, ún. normál nehézségi erőternek a geoidéval egyenlő potenciálértékű szintfelületeként értelmezzük, amelynek  $U$  normálpotenciál-értéke gömbfüggvény-sorból számítható.

A 4. ábra a geoidnak az SE III jelű ábrázolását mutatja. A színtvonalak mellett a kontinenseket is feltüntettük a könnyebb áttekinthetőség kedvéért. Az SE III paramétereit 1973-ban adta ki a Smithsonian Astrophysical Observatory, meghatározásához 25 műhold megfigyelési adatait használták fel. Az azóta eltelt években több új geoidparaméter-rendszert is számoltak, ezek térképszerű ábrázolása hasonló az itt bemutatott SE III-hoz. Az ábra alapján megállapíthatjuk, hogy a Föld alakja valóban csak igen kis mértékben tér el a forgási ellipszoidtól.

A  $\Delta r$  a földi ellipszoid, az ún. referenciaellipszoid felszíni pontjaiban értelmezett függvény. A  $\Delta r$  értékek nemcsak a Föld gravitációs potenciáljától, hanem a referenciaellipszoid választásától is függenek. A geoidhoz legjobban simuló (best-fitting) ellipszoid választása esetén a fél nagy tengelyt az egyenlítői középsugárral tesszük egyenlővé. Ilyen referenciaellipszoidra vonatkozik a 4. ábrán bemutatott geoidmagasság-térkép. A jó simulást mutatja, hogy a pozitív és a negatív  $\Delta r$ -ek nagyjából egyforma területet foglalnak el, szélsőértékeik is közel egyező nagyságúak.

Napjainkra tehát a Föld alakja, a geoid meglehetősen részletesen ismertté vált, meghatározásának hibája nem haladja meg az 1—2 m-t. A Föld 6371 km-es középsugarához viszonyítva elmondhatjuk, hogy a Föld alakjának meghatározásában már legfeljebb csak néhány százazred százalék hibát követünk el.

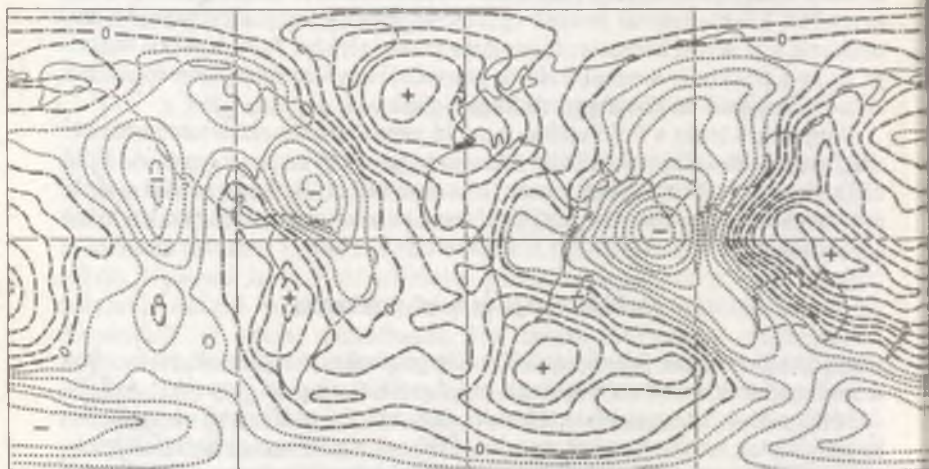
### A Föld alakja és belső szerkezete

Bolygónk belsejének felépítését különféle geofizikai vizsgálatok, elsősorban a földrengéshullámok terjedésének megfigyelései alapján ismerjük. A Föld öves felépítésű; az egyes héjak állandó sűrűségű, folyadékszerű anyagát éles határfelületek választják el egymástól. Ezeknek a gömbszerű határfelületeknek a sugarát viszonylag nagy pontossággal ismerjük. Ismereteink szerint csak a legfelső övben, a kéregben mutatkoznak nagy eltérések ettől a forgásszimmetrikus felépítéstől, ezeknek egy része a Föld felszínének változatos domborzatában nyilvánul meg. A Föld belsejében uralkodó nyomás- és

hőmérsékletviszonyok nyilvánvalóan kizárják, hogy a felszínihez hasonló tömeg-rendellenességeket feltételezzünk nagyobb mélységben. A továbbiakban azzal foglalkozunk, hogy a Föld alakjának és a Föld belső szerkezetére vonatkozó ismereteinknek együttes vizsgálata milyen problémákat vet fel.

A Föld tömegének sűrűségeloszlását ismerve és hidrosztatikus egyensúlyi állapotot feltételezve meghatározható felszínének alakja. Jeffrey's számításai szerint ez nagyon közel áll egy forgási ellipszoidhoz, amelynek lapultsága  $1/299,67$ . Ezzel szemben a műholdas mérésekből számított, a geoidhoz legjobban simuló ellipszoid lapultsága  $1/298,25$ . Ez a sarki sugárban mintegy 100 m-es különbséget jelent, ennyivel lapultabb a legjobban simuló ellipszoid. Feltételezhető tehát, hogy a tengely körüli forgáson kívül is van még valamilyen lapultságot okozó hatás.

A geoidmagasság-térkép (4. ábra) értelmezése sem problémamentes. Ez a felület a földi tömegeloszlás forgásszimmetrikustól eltérő részének potenciálját jellemzi. A kéregben levő, jól ismert tömeg-rendellenességek azonban semmiféle összefüggést nem mutatnak a geoiddal; feltételezhető tehát, hogy nagyobb mélységben levő sűrűséginhomogenitásokban kell keresnünk a geoidmagasságok kiváltó okát. Ezt a megállapítást nemcsak a felszín és a geoidmagasságok korrelációjának hiánya támasztja alá. A kéreg rendellenességei ugyanis az egész Földhöz viszonyítva nagyon kis tömegűek, undulációhatásuk tehát a felszíntől távolodva gyorsan csökken. Viszont ha a



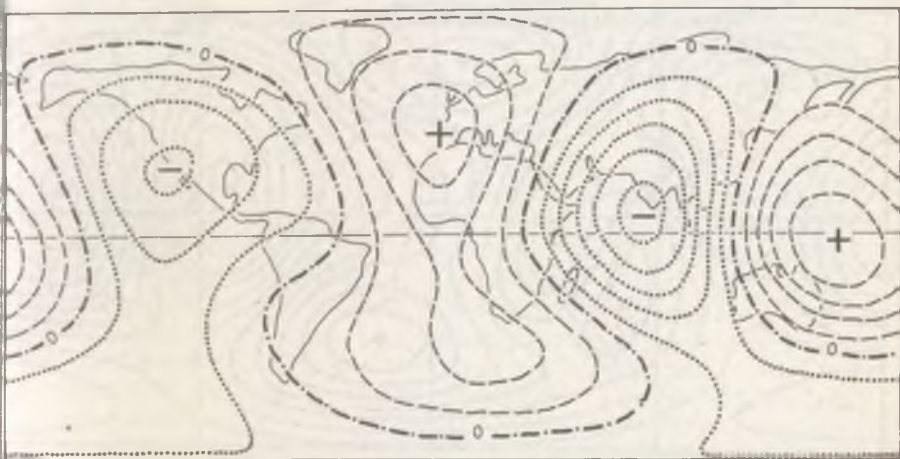
4. ábra. A SE III geoidmagasságok

A referenciaellipszoid paraméterei: a félnagytegyel 6 378 140 méter, a lapultság  $1/298,256$ . A szintvonalak értékkeze 10 méter



Földtől távolodva számítjuk a geoidmagasság-függvény abszolút értékeit, egyáltalán nem észleljük ezt a gyors csökkenést. Az 5. ábra a Föld felszínétől 6000 km távolságban számított geoidmagasság-térképet mutatja (a könnyebb tájékozódás kedvéért a kontinenseket is feltüntettük). Ebben a magasságban a kéreg rendellenességeinek undulációhatása már legfeljebb csak néhány centiméter, a térkép viszont 25 m-es szélsőértékeket mutat. Az undulációkat okozó tömeg-rendellenességeknek tehát jóval nagyobbaknak kell lenniük, mint amiket a Föld felszínén észlelünk.

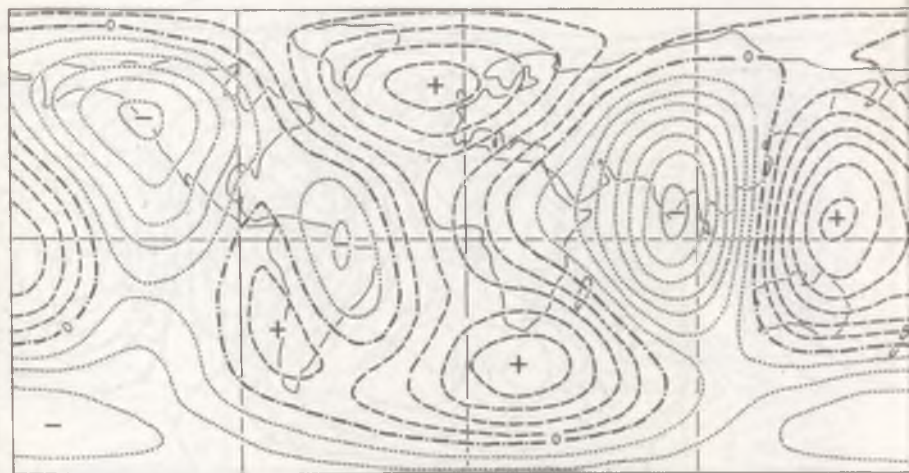
Mindezen problémák megoldására reális lehetőség nyílik Barta Györgynek a Föld belső szerkezetére vonatkozó elmélete alapján. Ő a Föld mágneses terének vizsgálatából kiindulva valószínűsítette a belső mag excentrikus helyzetét; feltételezte, hogy a mágneses tér ismert excentricitása anyagi hátterű. Ezek a vizsgálatok megelőzték az első műholdas geoidok megjelenését. A hipotézis igazolását éppen a Föld alakjának jelenlegi pontosságú ismerete tette lehetővé. Barta György számításai szerint a geoidmagasságok lényegében két egyszerű szerkezetű hatás összegére vezethetők vissza; ezek a Föld belső magjához kapcsolódnak, középpontjukat a Föld tömegközéppontjával összekötő irányok jó közelítéssel megegyeznek a mágneses tér excentricitását jellemző irányokkal. Ugyanakkor ez a modell egyértelműen meghatározza a földi ellipszoid lapultságát is; figyelemre méltó, hogy ez éppen az egyenlítői metszet ellipszis alakjának a sarki lapultságban okozott hatása tekintetbevételét jelenti. A földi ellipszoid így meghatározott lapult-



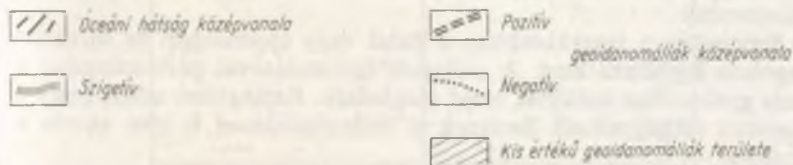
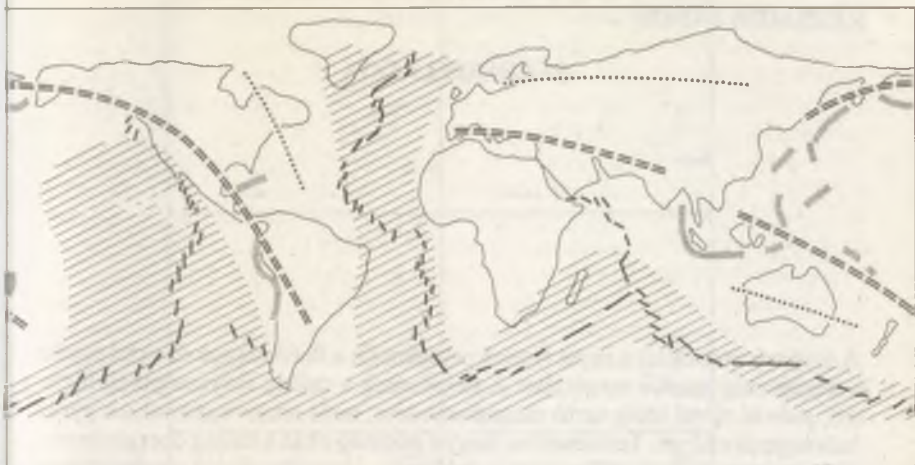
5. ábra. A geoidmagasság-térkép a Föld felszínétől 6000 km távolságban  
A szintvonalak értékkeze 5 méter

sága  $1/298,75$ . A hidrosztatikus ellipszoiddal összehasonlítva a sarki sugarak eltérése 33 m.

A modellben a geoidmagasság-függvényt összegként állítjuk elő, az egyik tag, az ún. globális rész a földmaghoz kapcsolódik, a másik pedig a kéreg csekély hatását tükrözi. Ez utóbbi részt geoidanomáliának nevezünk. A globális rész matematikailag nagyon egyszerű, két zonális gömbfüggvény sor összege, felírásához 20 számegyüttható megadása elegendő. Befejezőként bemutatjuk a geoidmagasságok két részre bontásának eredményét. A 6. ábra a globális részt mutatja. Összehasonlítva az 5. ábrával, a szintvonalak lefutása nagyfokú hasonlatosságot mutat. Megjegyezzük, hogy az 5. ábra szerkesztéséhez közelítőleg 400 számegyütthatót vettünk figyelembe, míg a 6. ábrához csak 20 paraméter számértékére volt szükségünk. A 7. ábra a geoidanomáliákat és a Föld nagy tektonikus vonalait mutatja. A könnyebb összehasonlíthatóság érdekében a geoidanomáliákat nem szintvonalas térkép formájában rajzoltuk. Az ábra mutatja, hogy az óceáni hátságok területén a geoidanomáliák közel 0 értékűek, a lánchegységek és a szigetívek vidékén az anomáliák pozitív értékűek. A Föld alakjának nagy pontosságú ismerete tehát bolygónk más fizikai jellemzőinek vizsgálatát is lehetővé teszi.



6. ábra. A két globális hatás összegeként számított geoidmagasság-térkép  
A szintvonalak értékköze 10 méter



7. ábra. A geoidanomáliák és a Föld nagy tektonikus vonalai

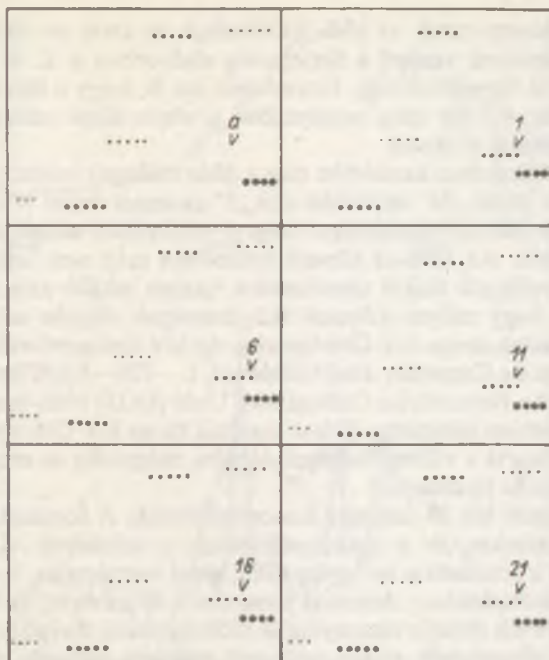
## FLERCSILLAGOK

A modern asztrofizika egyik fontos problémája a flercsillagok és ezzel együtt a flerjelenség pontos megértése. A flerjelenség a csillag fényességének hirtelen, erős és rövid ideig tartó megnövekedése, amit szinte ugyanolyan gyors halványodás követ. Természetes, hogy e jelenség okát a csillag energiatermelésében vagy — ami szinte ugyanezt jelenti — a csillag belső szerkezetében kell keresnünk.

A flerjelenség a leggyakrabban a fiatal vagy éppenséggel az újszülött csillagokon figyelhető meg. A csillagok korosodásával párhuzamosan a flerezés gyakorisága csökken, majd megszűnik. Kétségtelen tehát, hogy a csillagokon megfigyelhető flereknek a csillagfejlődéssel is igen szoros a kapcsolata.

A csillagflereket véletlenül fedezték fel. 1924-ben Hertzsprung egy fényképfelvételen észrevette, hogy a ma DH Carinae-nak nevezett halvány csillag két magnitúdóval fényesebbnek látszik. Mivel a jelenség a korábban felvett lemezeken még nem látszott, a gyorsaság miatt a kifényesedés biztosan nem lehetett nóvakitörés. Első magyarázatként Hertzsprung arra gondolt, hogy egy kisbolygó zuhant a szóban forgó csillagba.

Hertzsprung felfedezése azonban hosszú időre feledésbe merült. A flercsillagok kutatása több mint húsz évvel később indult el, egy másik véletlen megfigyelés nyomán. Carpenter amerikai csillagász az „L—726—8” jelű, nagy sajátmozgású, vörös törpe csillag pontos távolságát akarta meghatározni a trigonometrikus parallaxis módszerével. A mérésekhez többszörös expozícióval készített felvételeket. Ez azt jelenti, hogy egy-egy expozíció után a fotólemezen kissé odébb mozdította a képet, majd újra exponált. Az eredmény minden csillagról egy pontsorozat. Az egyik, öt pontot tartalmazó lemezen azonban a második pont igen fényesnek bizonyult. Az ezt követő pontok csökkenő fényességeket mutattak, és az ötödik pontban a csillag ismét elérte az eredeti fényességét. Luyten vizsgálatai szerint a fényesség növekedése 2,7 magnitúdó volt. Ismerve egy-egy expozíció időtartamát, ami ez esetben négy perc volt, a fényesedés három perc alatt 1200%-ot tett ki.



1. ábra. Az Orion asszociációhoz tartozó, HARO 177 nevű csillag, ultraibolya-tartományban lefényképezett, 8,4 magnitúdójú flerje. A többexpozíciós felvételek balról jobbra soronként következnek egymás után. Az egyes felvételeken a pontok jobbról balra követik egymást

Ez az érték mindenkit meglepett, mert még a szupernóváknál is csak ritkán éri el a fényesedés hárompercenként az 5%-ot!

Ugyan már korábban is tudták, hogy némelyik csillag szabálytalanul és erősen változtatja a fényességét, Carpenter lemeze volt az első, amely teljesen megbízható észlelési bizonyítékkal szolgált a csillagaktivitás új formája mellett.

### Az első eredmények

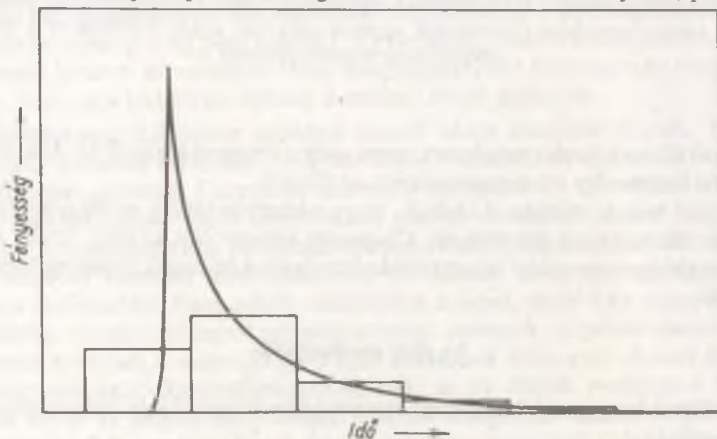
R. E. Gershberg szovjet csillagász szerint a flercsillagkutatás három szakaszra bontható.

1. az 1948 előtti időszak;
2. az 1948—1958 közötti időszak;
3. 1958 utáni évek.

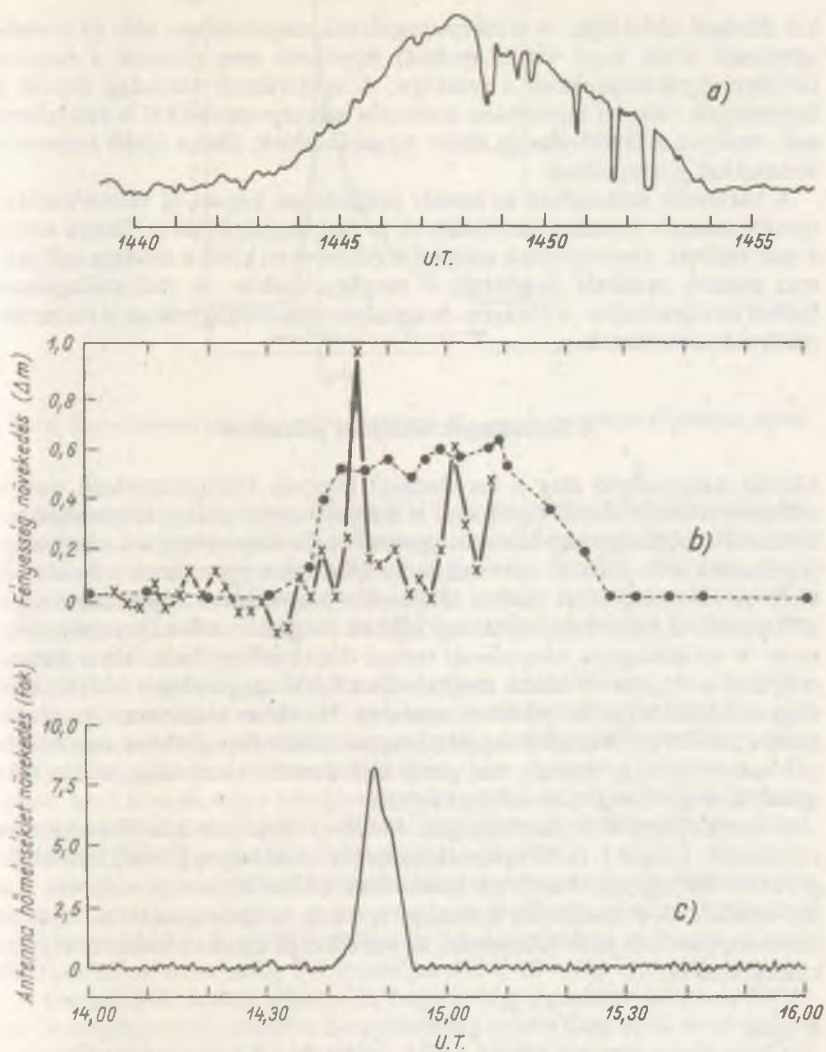
Az első szakaszra estek az első felfedezések és azok az első alapvető felismerések, amelyek szerint a flerjelenség elsősorban a K és M típusú törpecsillagokon figyelhető meg. Észrevették azt is, hogy a ferek azokban az esetekben figyelhetők meg, amelyekben a vörös törpe csillag színképe emissziós vonalakat is mutat.

A második szakaszban kezdődött meg a dMe csillagok intenzív kutatása. A színképtípust jelölő „M” betű előtt álló „d” az angol dwarf = törpe szóra utal, a mögötte álló „e” pedig arra, hogy a színképben emissziós vonalak is megfigyelhetők. Az 1948-at követő évtizedben még nem annyira az új típusú változócsillagok fizikai természetére, hanem inkább arra irányultak a vizsgálatok, hogy milyen jellemző tulajdonságok alapján sorolhatók a felfedezett égitestek az ún. UV Ceti típusba. Az UV Ceti nevű változócsillag egyébként azonos a Carpenter által felfedezett, L—726—8 jelű flercsillaggal. E korszak végét a Nemzetközi Csillagászati Unió (IAU) 1958-ban rendezett tizedik kongresszusa jelentette. Ekkor sorolták be az UV Ceti típusú csillagokat hivatalosan is a változócsillagok sorába, mégpedig az eruptív változók egyik speciális típusaként.

A megfigyelések két fő területre koncentráálódtak. A fotometriára, azaz a fényességmérésekre, és a spektroszkópiára, a színképek vizsgálatára. A kettő közül a fotometria az egyszerűbb, ezért természetes, hogy az UV Ceti csillagok kutatásában eleinte ez játszotta a fő szerepet. A fotometria segítségével sikerült először viszonylag jó időfelbontású fénygörbéket kapni a ferekről. A fénygörbék alakja csillagról csillagra változik, de jellegük nagyjából azonos. Hirtelen kifényesedés, átlagosan néhány másodperc leforgása alatt, majd exponenciális görbével közelíthető halványulás, percek-



2. ábra. Egy exponenciális lefutású modellfer. A grafikon alatti hisztogram a néhány perces expozícióval készülő sorozatfelvételek torzító hatását mutatja



3. ábra. Ausztrál rádiócsillagászati mérések a V 371 Orionis 1962. november 30-i flerjéről. Az (a) grafikon a 410 MHz-en végzett észlelések eredményét mutatja. A (b) a fler fotografikus (folytonos vonal), és vizuális fénygörbéje (szaggatott vonal). A (c), az 1410 MHz-es adatokból készült, simított intenzitásgörbe

kel mérhető időskálán. A színeképvizsgálatok meglehetősen idő- és távcső-igényesek. Csak nagy teleszkópokkal figyelhető meg ezeknek a nagyon halvány törpecsillagoknak a színe. A spektrumok tanúsága szerint a flercsillagok változó intenzitású-emissziós színeképvonalakkal is rendelkeznek, amelyek a flerfelvillanás idején megerősödnek, illetve újabb emissziós vonalakkal gyarapodnak.

A harmadik szakaszban az immár polgárjogot kapott új változócsillag-osztály intenzív kutatása kezdődött el, és tart napjainkban is. Ennek során a már említett, klasszikusnak számító módszereken kívül a modern csillagászat minden eszközét bevetették a megfigyelésekbe. A rádiócsillagászat mellett az ultraibolya-, a röntgen- és az infravörös-megfigyelések is rutinjeljársóknek számítanak.

### A flercsillagok általános jellemzése

Miként határozható meg a flerjelenség? Hogyan különböztethető meg a csillagok jelentős részén egyébként is meglévő szabálytalan fényesség-ingadozástól? Az általánosan használt „gyors és erős fényességnövekedés” megfogalmazás nem pontos, mert mindenki mást ért a gyors és az erős szavak alatt. A flert nem lehet csak a fényesedés nagyságával vagy csak annak időtartamával jellemezni. Az eddigi legjobb meghatározás a fényességnövekedés és az időtartam hányadosát tekinti döntő jellemzőnek. Ha a hányados, azaz a fényesedés üteme meghaladja a 0,005 magnitúdó/s értéket, igen nagy valószínűséggel flerrel állunk szemben. Ha ehhez hozzávesszük a maximum utáni fénycsökkenés jellegzetes, exponenciális fénygörbéjét, ami általában sem a fler nagyságától, sem pedig időtartamától nem függ, akkor már igazán kielégítő meghatározáshoz jutunk.

A flerek fénygörbéi, sokféleségük ellenére, többnyire két fő csoportba sorolhatók. Ezeket I. és II. típusnak nevezzük. A két típus közötti különbséget a fler fénygörbéje két fő paraméterének értéke határozza meg. Ha  $t_b$  a fler kezdetétől a maximum eléréseig,  $t_a$  pedig a maximumtól az eredeti fényesség eléréseig eltelt időt jelenti, akkor a két fő típus a következőképpen különíthető el.

*I. típus:*

$t_b$  = néhány másodperctől néhány percig

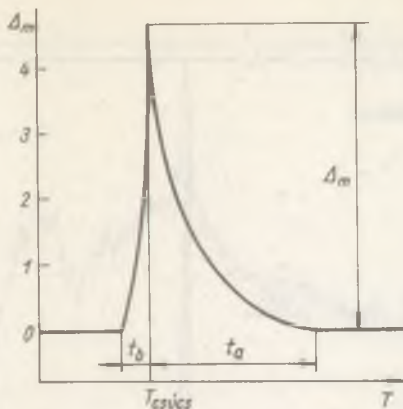
$T_a$  = néhány perctől kb. egy óráig

*II. típus:*

$t_b$  = 30 perc vagy több

$T_a$  = 3—10 óra





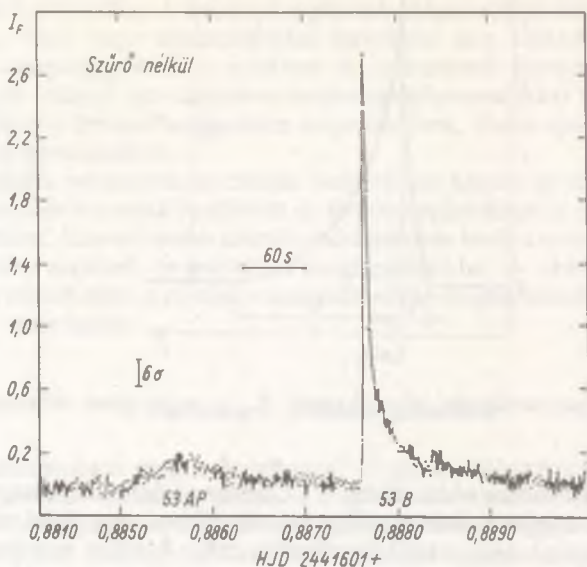
4. ábra. Egy exponenciális fler jellemző adatai.  $T_{(csúcs)}$  a maximum időpontját jelenti

A I. típus elsősorban a klasszikus, UV Ceti típusú flercsillagokra jellemző. A II. típust a leggyakrabban a csillagasszociációkhoz vagy fiatal csillaghalmozatokhoz tartozó égitesteknél figyelhetjük meg. Érdekes azonban, hogy míg a halmazokban található flemek között egyszer I., másszor II. típusú a kitörés ugyanannál a csillagnál, az UV Ceti csillagok között II. típusú fler nem mutatható ki (5. ábra).

Bár a két alaptípus  $t_a$  és  $t_b$  értékei erősen különböznek, a  $t_b/t_a$  arány közel azonos mindkét esetben. A két csoport tehát csak a fler alatt kisugárzott energia mennyiségében tér el egymástól, az energiateljesítmény, vagyis a kitörés természete azonban mindkét esetben ugyanaz. Tény, hogy a II. típusú, azaz hosszú, nagy energiáteljesítményt felszabadító flemek a legfiatalabb csillagok között a leggyakoribbak, e flertípus képviselői a nagyon fiatal, még formálódó égitestek közül kerülnek ki (6. ábra).

A flerjelenség megértése szempontjából fontos az egyes flerjellemzők legszélsőségesebb értékeinek az ismerete is. A fler fényesedésének minimuma 0,005 magnitúdó/s, de megfigyeltek már 2,8 magnitúdó/s értéket is. A kitörés teljes időtartama pedig 2-3 másodperctől 8-10 óráig is eltarthat.

A flercsillagok fontos jellemzője, hogy időegységenként hányszor flereznek. A megfigyelések szerint a flergyakoriság erősen függ attól, hogy milyen a vizsgálható kitörések amplitúdója. Minél kisebb ugyanis a még mérhető fler, annál nagyobbak adódik a gyakoriságuk. 20 flercsillag több mint 1000 flerjének adataiból a következő szabályszerűség derült ki. Egyrészt, minél kisebb a vizsgált csillag abszolút fényessége, annál nagyobb a flerezésének gyakorisága. Másrészt ugyanannál a csillagnál a legmagasabb flergyakoriságot az ultraibolya-tartományban figyelhetjük meg. A kéken át a sárga felé haladva egyre kisebb a flemek amplitúdója, valamint a gyakorisága.



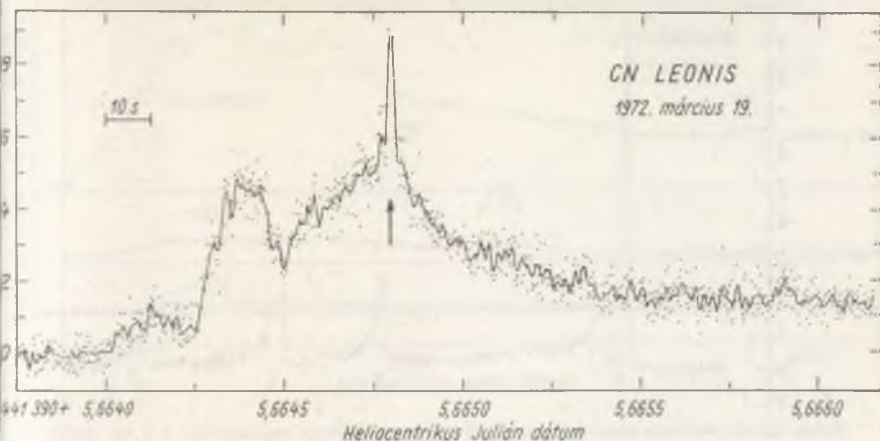
5. ábra. Az UV Ceti egy flerje

A flerezés gyakorisága a csillagnak nem állandó jellemzője, egyszer magasabb, másszor alacsonyabb. Ma még nincs annyi adat, hogy ennél mélyebb szabályszerűsége, netán a csillagok aktivitási ciklusaira következtethessünk a gyakoriságvizsgálatokból.

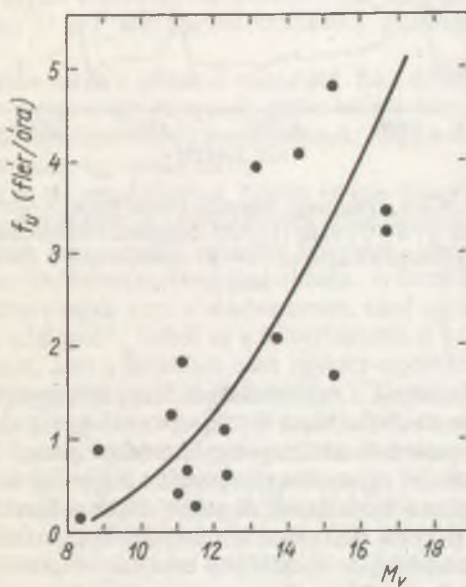
A fiatal csillaghalmazokban található flercsillagokra vonatkozó gyakoriságszámok csak nagyon óvatosan vehetők össze a Nap közvetlen közelében tanulmányozható UV Ceti csillagok flergyakoriságával. A legközelebbi halmazok távolsága is legalább egy nagyságrenddel múlja felül a közeli „mezőflercsillagokét”, ezért bennük a fotografikus módszerekkel csak a 0,6—0,7 magnitúdónál nagyobb amplitúdójú kifényesedéseket vehetjük észre. Szemben a közeli flercsillagok fotoelektromosan tanulmányozható, akár 0,1 magnitúdónál is kisebb kitöréseivel.

Egyazon csillagnál a flerek feltűnését jó közelítéssel a Gauss-eloszlás írja le.

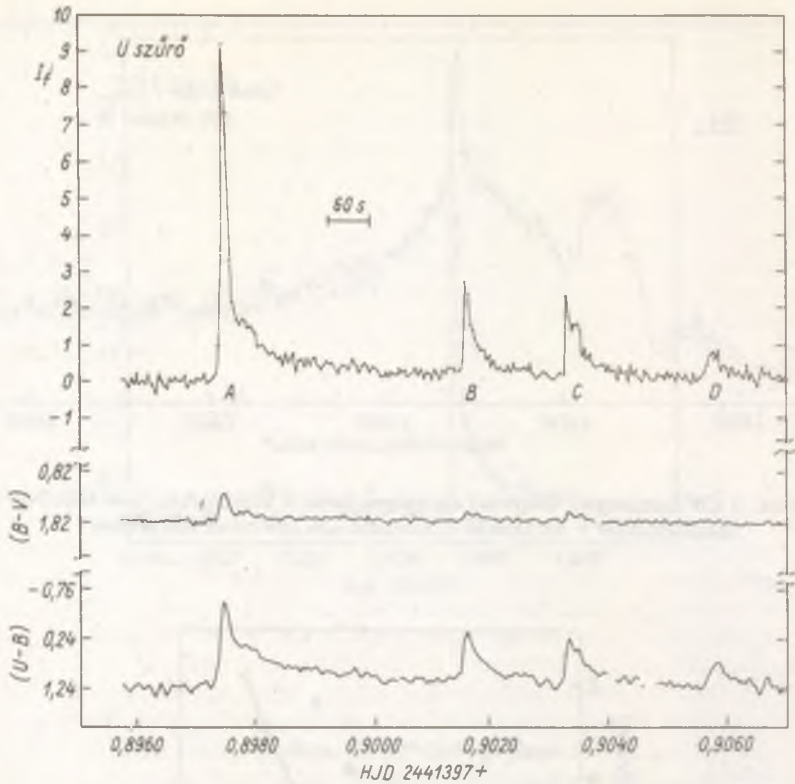
$$p(n, m) = \frac{R^n(m)}{n!} e^{-R(m)},$$



6. ábra. A CN Leonis egyik bonyolult szerkezetű flerje. A jelenséget 0,2 s-os időfelbontással észlelték a McDonald Observatórium 208 cm-es távcsövével



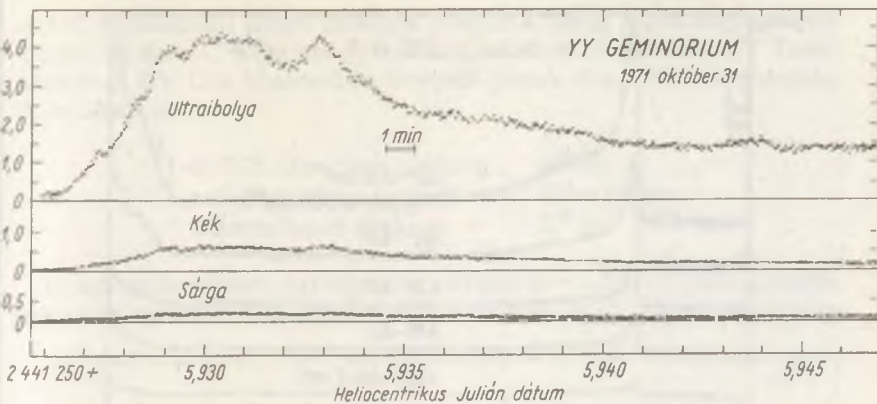
7. ábra. Összefüggés az abszolút vizuális magnitúdó és a flergyakoriság között



8. ábra. A WOLF 424 jelű csillag négy, egymást követő flerje. A felső, U tartományban felvett fénygörbe alatt a (B—V) és az (U—B) színindexek változásai láthatók. A fterek (B—V) színindexe jelentősen kisebb az (U—B) színindexeknél. Ezt a fterek „kéksége” okozza

ahol  $p(m, n)$  jelenti annak a valószínűségét, hogy időegység alatt  $n$  darab  $m$  magnitúdónál fényesebb fler tűnik fel.  $R(m)$  az időegység alatt megjelenő  $m$  magnitúdónál fényesebb fterek átlagos gyakoriságát jelenti. Ez a gyakoriság a tapasztalatok szerint egyszerű exponenciális függvényt követ.

E fliereket létrehozó folyamatokról sokat elárul a flierek színe. A széles sávú fotometriai mérések már régen kimutatták, hogy a flierek kékek. Több kutató egymást kölcsönösen megerősítő eredményei szerint a leggyakrabban használt — Johnson-féle — fotometriai rendszerben a következő összefüggés írja le a flierek energiáját:



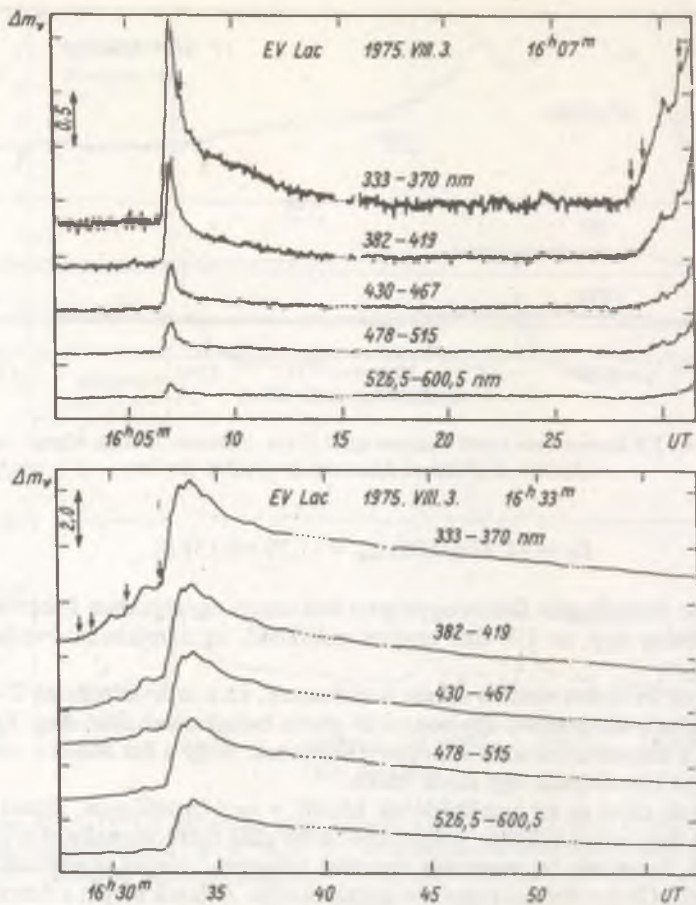
9. ábra. Az YY Geminorum egyik hosszan tartó flerje. A három színben végzett mérés eredménye jó példa az összetett, irreguláris flerekre

$$E_U = (1,20 \pm 0,08) E_B = (1,79 \pm 0,15) E_V.$$

Ha ezt az összefüggést fluxus/egységnyi frekvencia egységekben fejezzük ki, az eredmény egy, az UV felé enyhén emelkedő, de alapjában véve lapos függvény.

A flerek lefolyása során a színek is változnak. Ez a színváltozás az U—B, B—V kétszín-diagramon egy bonyolult görbe befutásának felel meg. Egyes szerzők a színváltozásokról arra következtetnek, hogy a fler során a csillag felszíne is felmelegszik egy rövid időre.

A flerek színe és az amplitúdójuk között is van összefüggés. Minél nagyobb a fler, annál kékebb. A legújabb, több száz flerre vonatkozó adatok szerint a flerszínek ún. normális eloszlást követnek, vagyis eloszlásukat a közismert, Gauss-féle haranggörbe szimbolizálja. A flerek idején a flercsillagok a kétszín-diagramnak arra a részére esnek, ahol egyébként a T Tauri típusú csillagok találhatóak. Ebből az a következtetés is levonható, hogy az az aktivitási forma, ami a flerekben csak egyszer-egyszer nyilvánul meg, a T Tauri állandó sajátossága. Más szavakkal: a T Tauri csillagok folyamatosan flerezés állapotában vannak. Ezt támasztja alá az a tény is, hogy a T Tauri csillagok színpéchében állandóan jelen vannak azok az emissziós vonalak, amik az UV Ceti csillagoknál csak a fler idején mutathatók ki. Egyes, T Taurihoz sorolható csillagok fénygörbéjében olyan gyors fényingadozások találhatóak, amik szintén ezt igazolják. A H II 2411 jelű csillag esetében a talált  $13,08 \pm 0,6$  s-os oszcillációk 6700 fler/nap gyakoriságot jelentenek, ami legalább két nagyságrenddel múlja felül az UV Ceti csillagok flergyakoriságát.



10. ábra. Az EV Lacertae két, egymást gyorsan követő flerjének ötszornás spektrofotométerrel végzett megfigyelése. Mindkét flernél világosan látszik, hogy a nagyobb hullámhosszak felé haladva a fler mérhető amplitúdója monoton csökken

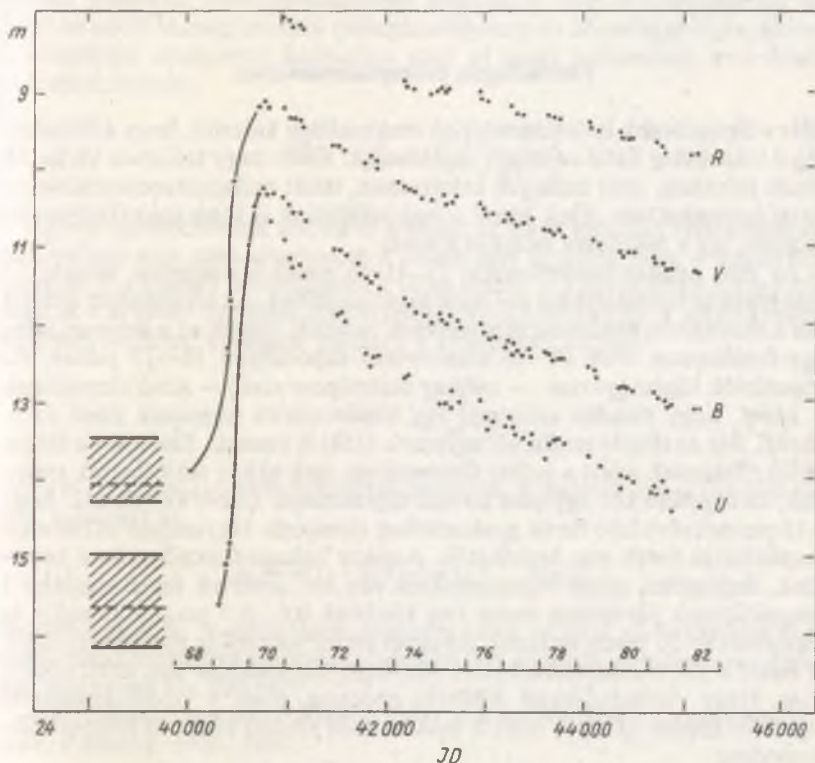
A T Tauri csillagok és közeli rokonaik, az RW Aurigae típushoz tartozók kétszín-diagramon elfoglalt helye azt sugallja, hogy talán reális a következő fejlődési sorozat:

NX Mon típus → normál T Tauri csillagok → flercsillagok.

A NX Monocerotis típusú csillagok jelentik a csillag kialakulását követő kezdeti stádiumot, majd ahogy a csillagok lassan öregszenek, a T Tauri, később az UV Ceti állapotokon keresztül jutnak el a HRD fősorozatára. A becslések szerint

az NX Mon típus életkora	$10^4$ év;
a T Tauri típus életkora	$10^5$ — $10^6$ év;
a flercsillagok életkora	$10^8$ év.

Itt kell megemlékezni egy olyan égitestfajtáról — a FUOR-ról —, amelynek eddig két képviselője vált ismertté. A névadó, az FU Orionis fényessége



11. ábra. A V 1057 Cygni nevű FUOR U, B, V és R sávokban felvett, simított fénygörbéi. A sraffozott területek a kitörés előtti, feltételezett fényingadozások fényességhatárait mutatják

1936-ban 15,3—16,3 magnitúdó közötti értékből emelkedni kezdett, és egy év alatt elérte a 10 magnitúdót. Azóta a fényessége alig változott, eltekintve néhány, alig észrevehető halványulástól. Hosszú ideig az FU Orionis százszoros kifényesedése volt az egyetlen példa, de 1969-ben hasonló dolog történt a V 1057 Cygnivel is. Egy év alatt ez a csillag 16 magnitúdósról 10 magnitúdósra fényesedett. A százszoros fényességnövekedés nem ritka a flercsillagok között, ez a hasonlóság. Az egyik eltérés a sokkal lassúbb fényességnövekedés. Kb. 0,0001 magnitúdó percenként, ami százszor-ezer-szer kisebb a flereknél tapasztalt ütemnél. A másik a „fler” rendkívüli hosszúsága, az évtizedes vagy talán évszázados időtartama. A hasonlóságok és eltérések, valamint a FUOR-ok kis száma miatt a megfigyelt tényeken túl ma még igen nehéz bármit is mondani róluk.

### Flercillagok csillaghalmazokban

Már a flercsillagok kutatásának első szakaszában kiderült, hogy a flerjelen-ség a viszonylag fiatal csillagok sajátossága. Ezért nagy számban várhatók olyan helyeken, ahol csillagok keletkeznek, tehát csillagasszociációkban és fiatal halmazokban. Ezek közül a legközelebbiek is több száz fényévnnyire vannak, így a felfedezés esélye is kisebb.

Az első halmaz-flercsillagokat G. Haro mexikói csillagász fedezte fel fotografikus módszerekkel az Orion asszociációban. Az alkalmazott eljárást ma a többszörös expozíció módszerének nevezik. Ennek az a lényege, hogy egy fotólemezre több (4—6) alkalommal exponálnak 10—15 percet. Az expozíciók végén gyorsan — néhány másodperc alatt — kissé elmozdítják a képet, hogy minden csillagról egy képsorozatot kapjanak (lásd az 1. ábrát). Bár az eljárás rendkívül egyszerű, hibái is vannak. Elsősorban fotografiai effektusok miatt a csillag fényesedését csak akkor tekinthetjük reálisnak, ha legalább két, egymást követő kép mutatja. Ebből következik, hogy a 10 percnél rövidebb flerek gyakorlatilag elvesznek. Ugyanilyen okból a kis amplitúdójú flerek sem észlelhetők. Amikor halmaz-flercsillagokról beszélünk, lényegében olyan objektumokról van szó, amelyek flerjei legalább 1 magnitúdósa (de semmi esetre sem kisebbek 0,6—0,7 magnitúdósnál), és legalább 15—20 percig tartanak. Az egyes képek viszonylag hosszú expozíciója miatt a fler maximumban elért, tényleges amplitúdója sem határozható meg. Nagy valószínűséggel állítható azonban, hogy a valódi amplitúdó legalább kétszer akkora, mint a maximumot jelentő képpont átlagos kifényesedése.

A módszer nyilvánvaló hátrányai és az ebből eredő kiválasztási effektusok ellenére ma mégis ez a legelterjedtebb megfigyelési mód. Ennek több oka van. A halmazok sokszor több száz csillaga már viszonylag szerényebb átmérőjű Schmidt-teleszkópokkal is egyszerűre tanulmányozható, és elérhe-



tők azok a halvány flercsillagok is, amelyek fotoelektromos fotometriája csak a legnagyobb teleszkópokkal lehetséges.

Ma tíz olyan csillagcsoportot ismerünk, amelyekben flercsillagok találhatóak. A halmazokat összehasonlítva kiderült, hogy minél fiatalabb a halmaz, flercsillagainak átlagos színképtípusa annál korábbi. A fiatal halmazokban (például az Orionban) már a K színképtípusú csillagok közül is igen sok flerezik. Az idős halmazokban (például a Hyadok) ez nem fordul elő. Ott a flerek az M típusból kerülnek ki.

Egy halmaz fontos jellemzője, hogy hány flercsillagot tartalmaz. Ezt azonban csak hosszras megfigyelésekkel lehet meghatározni. Gyorsabb, bár közelítő eredményt ad a statisztikai becslés. A flerező csillagok flerjeinek időbeli eloszlását Poisson-eloszlással írhatjuk le. Ha feltételezzük azt is, hogy az adott halmaz minden csillagára ugyanaz az összefüggés igaz, akkor a következő módszerrel kaphatjuk meg az adott halmazban levő flerek valószínű számát:

$$n(k) = N \cdot e^{-x \cdot t} \cdot \frac{(x \cdot t)^k}{k!}$$

Előbbi feltételezéseink szerint ez a képlet az adott rendszer azon csillagainak számát adja meg, amelyeken  $k$  darab flert figyeltek meg. A képletben szereplő  $N$  a halmaz flercsillagainak teljes száma,  $x$  a flerek átlagos gyakorisága és  $t$  az eltelt tényleges megfigyelési idő. Képletünkben a még egyetlen flert sem mutatott csillagok számára a következőt kapjuk:

$$n(0) = \frac{n(1)^2}{2 \cdot n(2)}$$

Ahol  $n(1)$ -et és  $n(2)$ -t az észlelésekből ismerjük. A halmaz összes flercsillagának a számát az

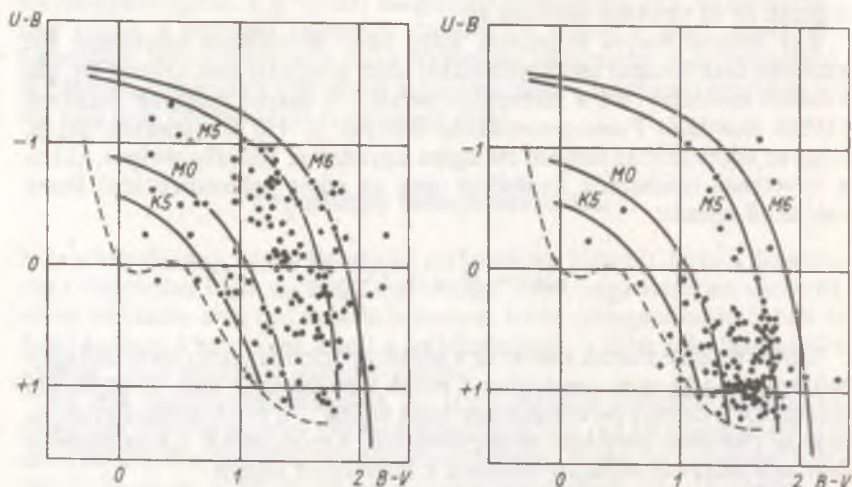
$$N = n(1) + n(2) + n(3) + \dots + n(k)$$

összefüggés adja. A számítások elvégzése után, például az Orion-kód flercsillagainak lehetséges számaként legalább 800 adódott, szemben a ténylegesen megfigyelt kb. 400-zal.

A flercsillagokban leggazdagabb halmazok a következők: Orion asszociáció, Pleiadok, NGC 7000.

## Az Orion flercsillagai

Az első három flercsillagot 1953-ban fedezték fel a Nagy Orion-köd környékén. Számuk azóta már jóval 300 fölé emelkedett. Az Orion asszociáció flercsillagainak legfontosabb jellemzői a következők:



12. ábra. A bal oldali kép az Orion  $H_{\alpha}$ -emissziós csillagainak, a jobb oldali pedig flercsillagainak eloszlását tünteti fel az elméleti  $(U-B)-(B-V)$  kétszín-diagramon. A  $H_{\alpha}$ -emissziós csillagoknál átlagosan idősebb flercsillagok jóval közelebb helyezkednek el a szaggatott vonallal jelölt főághoz

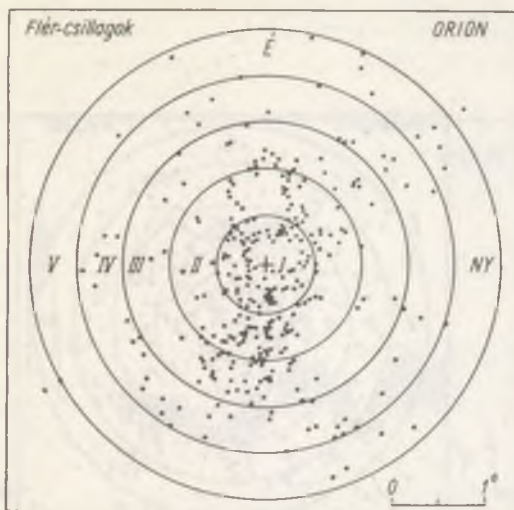
1. Az Orionban a legkorábbi színképtípusú flercsillagok a késői G és a KO típushoz tartoznak. A legkésőbbiek M2—M3 közöttiek. A csillagok halványasága miatt azonban csak alig 10%-uk színképtípusa ismert.

2. Az Orion flercsillagok legtöbbje — talán mindegyike — az Orion asszociációhoz tartozik. Abszolút fényességük 4,5—13,0 magnitúdó, azaz a szubóriásoktól a törpékig terjed.

3. A flercsillagok 30%-a egyben a T Tauri és RW Aurigae típusú,  $H_{\alpha}$ -emissziót mutató, szabálytalan változócsillagok közé tartozik.

4. Legalább egynegyedüknél több flert is megfigyeltek.

5. Nyugalmi, fleren kívüli állapotban a flercsillagok harmadánál objektívprizmás spektrumokból is kimérhető a  $H_{\alpha}$ -emisszió, ami a mező UV Ceti csillagoknál ez ilyen módon nem vehető észre.



13. ábra. A flercsillagok eloszlása az Orion asszociációban

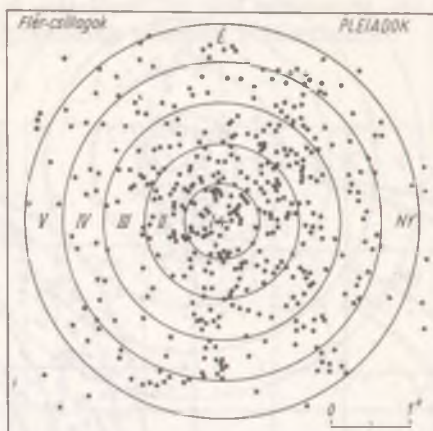
6. Több esetben is megfigyeltek II. típusú, azaz lassú flereket is. Arra is van példa, hogy ugyanaz a csillag egyszer gyors, másszor lassú flert mutat.

7. A flerek amplitúdója az U sávban egyharmaddal múlja felül a B amplitúdót. Sárgában jóval kisebb, infravörösben pedig nem is láthatók az ingadozások.

Az Orion flercsillagai különösen érdekesek, mert ez a legfiatalabb vizsgált asszociáció. Nagyon sok  $H_{\alpha}$ -emissziós és T Tauri csillag, azaz a flereknél is fiatalabb objektum található benne. A csillagfejlődés legkorábbi szakaszában levő objektumoktól a kész, megállapodott csillagokig minden égitestfajta tanulmányozható ebben a térrészben.

### A Pleiadok flercsillagai

Az Orionnal ellentétben a Pleiadok első flercsillagát fotoelektromos fotometria útján fedezték fel. A legújabb katalógusok félezernél is több ilyen égitestet tartalmaznak. Ellentétben az Orionnal, a Pleiadok környékén látható flercsillagok hovatarozása egyes esetekben kétséges. Az egyik legtöbbet flerező csillagáról például kiderült, hogy voltaképpen a Hyadok tagja. A gondos sajátmozgás-vizsgálatok bizonyosan a jövőben is tartogatnak hasonló meglepetéseket. Az Orionhoz hasonló felsorolással a Pleiadok fő jellemzői a következők:



14. ábra. A flercsillagok eloszlása a Pleiadokban

1. A Pleiadokban legalább háromszor kevesebb a  $H_{\alpha}$ -emissziót mutató csillag, mint az Orionban.

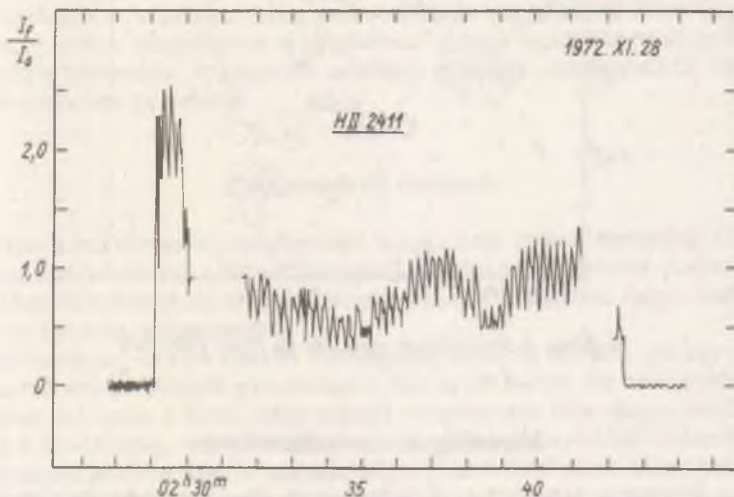
2. A Pleiadokban felfedezett flercsillagok száma másfélszeresen múlja felül az Orion flercsillagainak a számát. Általános azonban az a nézet, hogy ez csupán kiválasztási effektus, mert a Pleiadokban végzett észlelések összeje háromszorosa az Orionra vonatkozóknak. Egyéb jelek is arra utalnak, hogy az Orionban ténylegesen több flercsillagnak kell lenni.

3. Figyelemre méltó jellegzetesség, hogy a Pleiadokban talált leggyakrabban (több tucat vagy száz alkalommal) ferező csillagok nem tényleges halmaztagok, csak abban az irányban látszanak.

4. A flercsillagok többsége a K színképosztályba, a legtöbb a K2—K3 alcsoportba tartozik.

5. A Pleiadok flercsillagainak abszolút fényessége 6,5—15,0 magnitúdó, azaz valamennyien törpék. Sokak szerint a Pleiadokban az összes halvány csillag ferezik. Így a ferezésre szóba jöhető csillagok lehetséges száma akár több ezer is lehet.

6. Az Orionhoz hasonlóan ebben a halmazban is megfigyelhetők lassú flerek. Sőt ugyanaz a csillag egyszer lassú, máskor gyors flereket mutat. A két flertípus tehát nem lényegileg, legfeljebb dinamikájukat tekintve különbözik egymástól.

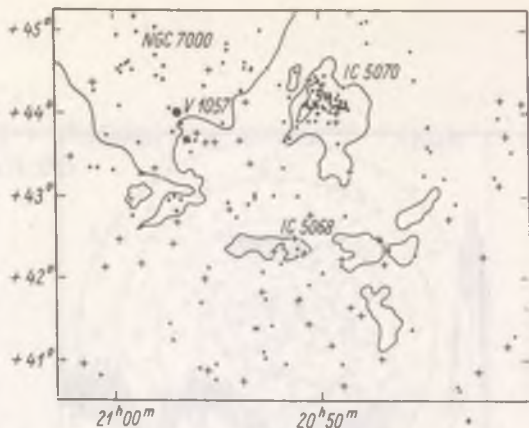


15. ábra. A Pleiadokban látszó, de valójában a Hyadokhoz tartozó HII 2411 jelű csillag B színben felvett flerje. Jól látszanak a mérési hibákat jóval meghaladó amplitúdójú, nagyfrekvenciás ingadozások.

### A Cygnus csoport (NGC 7000)

Az Észak-Amerika- és a Pelikán-köd vidéke nemcsak azért érdekes, mert sok sötét és világító ködöt tartalmaz, hanem azért is, mert nagy számban található a környéken  $H_{\alpha}$ -emissziós és T Tauri csillagok. Így kezdettől valószínűnek tűnt az elgondolás, hogy ott flercsillagokra is számíthatunk. Az első flercsillagot a hetvenes évek elején találták meg, amelyet néhány év alatt még majdnem egy tucat követett. Bár távolsága legalább 700 parszek, a Cygnus csoport az Orion és Pleiadok után a harmadik, flercsillagokban leggazdagabb terület. Talán a távolság az oka annak a ténynek, hogy az NGC 7000 vidékén mérhető a legalacsonyabb fleraktivitás.

Mivel a Cygnusnak ezen a vidékén nem látszanak NX Monocerotis típusú csillagok, az asszociáció életkora biztosan több, mint az Orioné.  $H_{\alpha}$ -emissziós csillagai révén azonban fiatalabbnak kell lennie a Pleiadoknál. A Cygnus flercsillagának becsült életkora ezért  $3 \cdot 10^6$  év.



16. ábra. A flercsillagok eloszlása az NGC 7000-ben

### Flercsillagok más halmazokban

Az NGC 2264-es halmaz, bár flercsillagainak száma meglehetősen csekély, minden bizonnyal igen hasonló az Orion asszociációhoz. Mindkét esetben találkozhatunk ugyanis flerező T Tauri csillagokkal, de vannak olyan flercsillagok is, amelyeknél kis diszperziójú színeképekből nem lehet emissziós vonalakat azonosítani.

Az idős halmazokra mutat jó példát a Praesepe. Életkorát  $4 \cdot 10^9$ — $9 \cdot 10^9$  évre becsülik. Érdekessége, hogy az összes asszociáció közül ennek a legnagyobb a flergyakorisága: 0,000 87 fler/óra. (Összehasonlításul: NGC 7000 = 0,000 20 fler/óra, Orion = 0,000 51 fler/óra, Pleiadok = 0,000 35 fler/óra.)

### A flercsillagok és az emissziós vonalakat mutató csillagok kapcsolata

Ma már nehezen vitatható, hogy a flercsillagok és a T Tauri csillagok között sok hasonlóság található, és hogy genetikus kapcsolatban állnak egymással.

A következő jellemzők egyértelműen bizonyítják a kapcsolatot:

Ezek az égitestek elsősorban halmazokban találhatóak, mégpedig a legfiatalabbakban. A flerjelenséget és szabálytalan fényváltozást mutató csillagokra jellemző, hogy mindig csillagközi anyagban gazdag területeken mutatkoznak. Ez a sajátosság a környező csillagközi anyaggal való kölcsönha-

tásra és közös fejlődésre utal. A Hertzsprung–Russel-diagramon legtöbbször a fősorozat felett helyezkedik el, amiből arra következtethetünk, hogy még nem jutottak el a normális csillag állapotba. A két csillagcsoport színképi és dinamikai jellemzői igen hasonlóak.

Összefoglalva: a halmazokban és asszociációkban található flercsillagok, valamint a Nap közelében is megfigyelhető társaik ugyanahhoz az égitest-családhoz tartoznak. A közöttük található eltérések oka fejlődésük eltérő körülményeiben kereshető.

### Flerkeletkezési elméletek

A széles körű flercsillag-megfigyelési programok mellett kezdettől fogva számos kísérlet történt a flermechanizmus elméleti megértésére is. Az asztrofizikában felbukkant új elméletek közül szinte mindegyiket megpróbálták ebbe az irányba is kiterjeszteni.

Történelmileg az első kísérlet Hertzsprung nevéhez fűződik, aki egy csillagba zuhanó kisbolygót gyanúsított a fler kiváltásával. Ez az elgondolás azonban már csak a flerek nagy számát tekintve sem állta meg a helyét.

Az a hasonlóság, ami a flerek exponenciális halványodása, valamint a forró testek lehűlése között mutatkozik, a „forró folt”-elmélethez vezetett. E szerint a flerkitörést a csillag felszínén időnként hirtelen megjelenő, forró foltok sugárzástöbblete okozza. Az igen szemléletes elképzelés azonban több okból is tarthatatlan. A forró folt által kibocsátott fénynek folytonos, fekete testre jellemző színképe lenne, szemben a tényleges flerszínképek vonalas emissziójával. A fler gyors lefolyása miatt nem teljesülhet a fekete testre jellemző sugárzási egyensúly. Az is kiderült, hogy a tökéletes fekete test sugárzása nem követi a flerek exponenciális lefutását sem.

Bizonyos fokig visszanyúlás Hertzsprung ötletéhez az „akkréciós modell”. A csillag körül *gyűrűt* formáló intersztelláris anyagból időnként olyan gázcsomók válnának ki, amelyek a napfoltok körül is megfigyelhető magnetohidrodinamikai körülmények közé kerülve kromoszférikus flerek kialakulásához vezetnek. A csillagok körüli *gázgyűrűk* létének azonban ellentmond az a tény, hogy a szóban forgó csillagok általában erős csillagszéllel rendelkeznek. Így a flereknek ez a külső gerjesztést feltételező magyarázata sem tartható fenn.

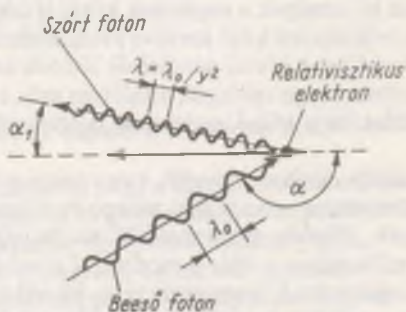
Az ötvenes évek elején, amikor kiderült, hogy számos égi objektum fénye többek között relativisztikus sebességgel mozgó és mágneses térbe kerülve lefékeződő elektronok „fékezési sugárzásából” származik, felmerült ugyanaz a lehetőség a flercsillagokra is. Bár a modell jól alkalmazható a flereknél megszokott gyors ingadozások magyarázatára, következményei nem vágnak egybe a tényleges színképvizsgálatok eredményeivel.

1954-ben Ambarcumjan a csillagok instabilitására utaló jelenségekre,

közöttük természetesen a flerekre is, új magyarázatot javasolt. A rövid élettartamú flerek nem egyensúlyi sugárzást bocsátanak ki, feltűnési helyükön a csillag kromoszférájának felső régióiban normalisan uralkodó fizikai viszonyok között nagyon nehéz megfelelő energiaforrásra találni. A felvillanáshoz szükséges energiát ezért Ambarcumjan egy olyan „kisülésnek” tulajdonította, amelyben a csillag belsejéből a légkörébe jutó, ún. „presztelláris” anyag lép kölcsönhatásba környezetével. A presztelláris anyag létét itt sokan és sokáig vitatták. Ez az elmélet még ma sincs részleteiben kidolgozva. Teljesen elvetni – vagy elfogadni – csak akkor lehet, ha majd ismert fizikai folyamatokkal sikerül leírni a jelenséget.

Az asztrofizikában jól ismert magnetohidrodinamikai jelenségeket tételez fel a következő elmélet. E szerint már más típusú csillagokon is megfigyelt módon, a flerek energiáját a csillagok felszínén a mágneses erőter megerősödése által kiváltott magreakciók szolgáltatják. A magreakciókat okozó mágneses terek kialakulását egyes szerzők csillagon belüli, mások csillagon kívüli okokkal magyarázták. Bár az elméletet nem fogadta széles körű egyetértés, hatására az érdeklődés előterébe kerültek a mágneses tér, a csillaglégkörök, a töltött részecskék és az elektromágneses terek bonyolult kölcsönhatásai.

Az utóbbi években egyre gyakrabban kerül szóba Gurzadjan örmény csillagász ferelmélete, amelyet sokszor „inverz Compton-szóródási elméletnek” neveznek. A Compton-jelenség lényege az, hogy az elektronok és az elektromágneses fotonok kölcsönhatásakor (ütközésekor) az energia és az impulzus külön-külön változik. Természetesen a részecskék ütközés előtti és ütközés utáni teljes energiája és impulzusa változatlan marad. Így fordulhat elő, hogy például röntgensugarak és elektronok kölcsönhatása során a fotonok energiát és impulzust adnak át az elektronoknak, miközben saját energiájuk és ezzel hullámhosszuk csökken. A Gurzadjan által javasolt



17. ábra. Az inverz Compton-effektus



inverz Compton-jelenség során relativisztikus sebességgel mozgó elektronok ütköznek kis energiájú, többnyire infravörös fotonokkal. Ilyenkor az elektronok energiája alakul át a fotonokéba, amelyek az ütközés után közelítőleg a gyors elektronok mozgásának irányában haladnak tovább.

Az elmélet szerint a flercsillagok kitöréseinek minden megfigyelt sajátosságát meg lehet magyarázni annak a feltevésnek az alapján, hogy a fler idején kisugárzódó többletenergia Compton-folyamatokból származik. A flerhez csak gyors elektronok megjelenésére van szükség, mert az ezeken szóródó, normális fotoszférasugárzásból keletkeznek a nagyobb energiájú fotonok. A fler során tehát nem születnek újabb fotonok, hanem a meglevők energiája nő meg az inverz Compton-jelenség miatt.

A folyamatra vonatkozó egyik legizgalmasabb kérdés, honnan származnak a gyors elektronok. A legkézenfekvőbb válasz erre az, hogy a flercsillagot szinte a középpontjáig felkavaró konvekció hozza a felszínre azt az anyagot, amely például béta-bomlás során szabadítja fel az elektronokat. Ezek mozgását már viszonylag gyenge mágneses tér is hatásosan befolyásolhatja, így hamarosan a csillag körül gyors elektronokból álló felhő alakul ki, amely részecskéi, ha az utánpótlás gyengül az előbb leírt folyamat során, azaz az infravörös fotonok energiáját a látható tartományig feltornázó inverz Compton-folyamatban fokozatosan elvesztik az energiájukat. A fler e szerint nem a csillag felszínének egy pontjához kötődő helyi jelenség, hanem szinte azonos időben születik meg az egész csillag körül.

A napfizikában ismert flerek a Nap felszíne felett tűnnek fel, és kis területre koncentrálódnak, ellentmondva ezzel az előbbi elméletnek. Természetesen a vörös törpék és a Nap flerjei az azonos név ellenére is különbözhetnek egymástól. Ha más nem is, az mindenesetre közös, hogy a flereket nem termális folyamatok hozzák létre. Ezt támasztják alá a napflerekre és a csillagflerekre vonatkozó ultraibolya-, röntgen- és rádiómegfigyelések. Mindkét esetben 10 000 000 K körüli hőmérsékleteket mértek, de az is kiderült, hogy az optikai, rádió- és ultraibolya-tartományban kisugárzott energiák egymáshoz viszonyított arányai esetről esetre változnak.

Az előbbieket csak néhány jellegzetes flermodell vázlatos ismertetését jelentik. Sokszínűségükből azonban látható, hogy ma még nincs igazi flerkeletkezési elméletünk. Mindenesetre a legtöbb szerző véleménye megegyezik abban, hogy még több megfigyelésre és a legújabb észlelési eljárások alkalmazására van szükség a flerek kutatásához és megértéséhez.

## ŰRÁLLOMÁSOK

### A NASA űrállomásterve

A XX. század utolsó és az űreszközök segítségével folytatott űr kutatás ötödik évtizedében várható, hogy az emberiség létrehozza az első, valódi kozmikus telepeket, az állandóan lakott űrállomásokat. A Szovjetunióban, az Egyesült Államokban, Nyugat-Európában és Japánban is előrehaladott stádiumban vannak azok a tervek, amelyek célja Föld körüli pályán repülő, állandóan lakott, kutatási, fejlesztési, gyártási feladatok ellátására alkalmas speciális űreszközök kifejlesztése és pályára állítása. Ez a hallatlanul sokrétű, összetett munka elképzelhetetlen lett volna az első Sziputyik fellövése óta eltelt szűk harminc esztendő eredményei nélkül. Hiszen az első mesterséges égitest pályára állítása után alig négy évvel már az ember is eljutott a világűrbe, egy tucat év elteltével már idegen égitesten is járt, de ma már nemcsak a távolságot ostromolja, hanem a repülés időtartama is, amit egy ember a világűrben egyhuzamban töltött, több mint hét és fél hónap. Mindehhez hatalmas technikai eszköztárat — hordozóeszközöket, űrhajókat, űrállomásokat, a Föld és az űreszközök között biztonságos összeköttetést adó tökéletes telemetriai rendszereket és még sok-sok nélkülözhetetlen berendezést — kellett megalkotni. Mindezekhez sok tízezer elméleti és gyakorlati szakember megfeszített munkája kellett. Ezen igen összetett tevékenység során is, továbbá a munkák eredményeképpen megszületett űreszközök segítségével az emberiség részint megsokszorozta ismereteit a világ-mindenségről, részint egy olyan hatalmas műszaki-tudományos tapasztalathalmaz birtokába jutott, amely az elmúlt évtizedekhez képest elképzelhetetlenül gyorsabb műszaki fejlődést váltott ki a népgazdaság különböző területein. Eljutottunk a nyolcvanas években oda, hogy a népgazdaság egyes ágazatai, amelyek szoros kapcsolatban állnak az űrtechnikával, mint például az elektronika, számítástechnika, gyártástechnológia, híradástechnika, ma már nemcsak hogy meghonosítják saját területükön az űr kutatás eredményeit, hanem konkrét kívánásokkal lépnek fel vele szemben. Ugyanezt mondhatjuk el egyes szolgáltatások, mint például a meteorológiai, oceanológiai, környezetvédelmi, mezőgazdasági, térképészeti célú távérzékelés területén nyújtott kozmikus szolgáltatások esetében is. Nem véletlen tehát,

hogy a nyolcvanas évek eleje óta immár megszűntek utópisztikus elképzelések lenni az ember lakta űrállomások, kikerültek a tudományos-fantasztikus szférából, és kifejlesztésük a legnagyobb tudományos-műszaki tapasztalattal rendelkező intézetek, gyárak laboratóriumainak, tervezőirodáinak munkaasztalaira és rajztábláira került mint kiemelt, megoldásra váró feladat.

A bevezetőben felsorolt űrállomástervek közül az Egyesült Államokban kidolgozott koncepció az, amely mind szakmai-tudományos fórumokon, mind a tömegtájékoztatási eszközök jóvoltából széleskörűen ismert, ezért ezeket az elképzeléseket, terveket célszerű ismertetni az *Évkönyv* olvasóival. Mint minden űrállomás-koncepció, ez is Ciolkovszkij úttörő műveinek következménye, folytatója. Ő volt ugyanis az, aki először fogalmazta meg azt az alaptételt, hogy ahhoz, hogy az ember hosszú ideig hasznos tevékenységet végezzen a világűrben, egy lakó- és munkahely kell számára, és ennek a szükségletnek a kielégítésére szolgál a kozmikus település, az űrállomás.

A Ciolkovszkij-féle koncepció alapján kidolgozott első, szakmailag megalapozott amerikai űrállomásterv az volt, amit Werner von Braun 1952-ben hozott nyilvánosságra. Körülbelül egy évtizeddel később született meg az amerikai Űrhajózási Hivatal, a NASA űrállomással foglalkozó tanulmánya, amelyet MORL-nak (*Manned Orbiting Research Laboratory*) neveztek el, és amely ugyanúgy, mint a von Braun-féle elképzelés, csak papíron maradt. Az első amerikai kísérleti űrállomás, a Skylab (lásd az 5. színes mellékleten lent) felbocsátására és üzemeltetésének megindulására egy újabb évtizedet kellett várni. Közben azonban a Szovjetunióban kifejlesztették és nem sokkal a Skylab pályára állítása előtt pályára állították az emberiség első űrállomását, a Szaljut-1-et (lásd az 5. színes mellékleten fent). Azóta amerikai űrállomás nem üzemelt, de a szovjet űrkutatási program keretében már hét Szaljut típusú űrállomást juttattak Föld körüli pályára, ezeken számtalan sikeres csillagászati, napfizikai, orvosbiológiai, meteorológiai, erőforráskutatási, anyagtechnológiai és más mérést, megfigyelést, kísérletet és vizsgálatot hajtottak végre. Mindezeknek az eredményeknek ismeretében az Egyesült Államokban is felerősödtek azok a követelések, amelyek egy komplex, sokoldalúan hasznosítható, állandóan lakott űrállomás létrehozását kívánták a kormányzati szervektől. Ennek eredményeként a nyolcvanas évek elején megindult az űrállomás koncepciójának kidolgozása, amely folyamat azután zárult, hogy 1984 januárjában az Egyesült Államok elnöke — Ronald Reagan — szokásos, az Unió Helyzetéről szóló üzenetben utasította a NASA-t, hogy kezdjék meg az űrállomás kifejlesztését. Ezzel azután kezdetét vette az USA történetének egyik legnagyobb szabású űrprogramja, amelyhez csak a Holdra szállás végrehajtására szolgáló Apolló-program és az űrrepülőgép kifejlesztése mérhető.

## *Miért most?*

A szakemberben is, de az űrkutatás eseményeit, eredményeit szemmel követő laikusban is óhatatlanul felmerül a kérdés, hogy miért a nyolcvanas évek közepén történik mindez, mi tette lehetővé és szükségessé azt, hogy a jelenlegi, nem könnyű gazdasági, politikai helyzetben egy ilyen hatalmas terv megvalósítását tűzze ki célul a tőkés világ vezető hatalma. Azt, hogy mi tette lehetővé — az emberiség eddigi történetében páratlan tudományos-műszaki fejlődés —, már a bevezető részben taglaltuk. Legalább ennyire fontos azonban részletesen megvizsgálni azokat a tényezőket is, amelyek szükségessé tették a program megindítását. Melyek ezek?

— Az űrkutatás területén az elmúlt közel harminc évben született eredmények egy sor újabb kérdést is felvetettek. De nem csak felvetették, hanem bebizonyították, hogy a „hagyományos” (meglévő) eszközökkel, módszerekkel az űrtechnika nem tudja megválaszolni ezeket, a szakembereknek újabb erőfeszítéseket kell tenniük, újabb utakat kell keresniük mind az eszköz, mind a módszer tekintetében.

— Jelentős gazdasági kényszer is sürgette az amerikai űrkutatás irányítóit az űrállomás létrehozására, hiszen az elmúlt évtizedekben több ezer cég — a kisméretű fejlesztőlaboratóriumoktól a multinacionális mamutvállalatokig — hatalmas összegeket fordított űrkutatási feladatok megoldására, és közben a csúcstechnológia fogalmkörébe tartozó eljárások, módszerek, eszközök és anyagok sokaságát hozták létre. Ezek után logikus, hogy a cégek kamatoztatni szeretnék befektetéseik eredményeit az újabb űrprogramok végrehajtása során.

— Fontos tényező az is, amit jelentős amerikai gazdasági és tudományos szakértők hirdetnek, miszerint ahhoz, hogy az USA gazdasága igazából kilábaljon a hetvenes évek elején kezdődött gazdasági válságból, valóban talpra álljon, egy olyan tudományos-műszaki és gazdasági vállalkozás szükséges, amely az amerikai társadalmat szinte erejét meghaladó feladat elé állítja.

— Utoljára, de nem utolsósorban, az Egyesült Államok bizonyítani akarja erejét, vagy — ahogy ők mondják — vezető szerepét a világ előtt, mind a békés célú űrkutatás, mind a világűr katonai felhasználása területén. A világmindenség békés célú kutatása és felhasználása területén ugyanis újabb kihívások érik az USA-t. Már nemcsak a Szovjetunióval kell versengenie, hanem egyre komolyabb konkurenciát jelent számára a nyugat-európai országok és Japán űrtevékenysége, kezdve onnan, hogy mindkét versenytárs önálló hordozórakéta-rendszert fejlesztett ki, odáig, hogy hasonló feladatokat teljesítő, konkurens űrállomások kifejlesztésén dolgoznak. Ez utóbbi igen komolyan veszélyezteti az Egyesült Államok érdekeit a világűr gazdasági célú kihasználásában vagy — ahogy manapság nevezik — a

világűr kommercializálásában, különös tekintettel itt is a fejlett japán és nyugat-európai elektronikai és gyógyszeriparra.

Az előzőekben felsorolt lehetőségek és szükségletek végül is egyértelműen meghatározzák az űrállomás létrehozásának célrendszerét, felépítését és megvalósításának módját.

### *A célok*

A NASA illetékes szakemberei különböző fórumokon, különféle dokumentumokban végeredményben az alábbi négy fő célt tűzték ki maguk elé az űrállomás megalkotásával kapcsolatban:

— Létre kell hozni egy olyan kozmikus rendszert, amely alkalmas arra, hogy rajta a különböző tudományterületek képviselői állandóan kísérleteket, vizsgálatokat, méréseket, megfigyeléseket végezzenek; mérnökök különféle műszaki fejlesztési feladatokat oldjanak meg; valamint az űrállomás személyzete, a gazdasági szféra egyes ágazatai számára szolgáltatást nyújtson.

— Biztosítani kell, hogy ezen a kozmikus rendszeren a személyzet biztonságos körülmények között éljen és dolgozzon; zavartalanul lebonyolítható legyen a személyzet cseréje, az űrállomás működtetéséhez szükséges anyagok pótlása.

— Biztosítani kell, hogy minden cég — legyen az állami vagy magánvállalat, nemzetközi szervezet vagy magánszemély — képviselője az előírt feltételek betartása esetén dolgozhasson az űrállomás fedélzetén, vagy a cég megbízást adhasson, szerződést köthessen számára fontos feladatok megoldására.

— Törekedni kell arra, hogy az űrállomás kifejlesztésébe és üzemeltetésébe maximális mértékben bevonják az Egyesült Államok főbb szövetségeseit, mindenekelőtt az NSZK-t, Kanadát és Japánt.

A célok mindegyike egy sor érdekes, fontos, esetenként roppant izgalmas feladat elé állítja a program résztvevőit. Lássuk tehát, hogy milyen kutató-, fejlesztőmunkák végzését, milyen szolgáltatások nyújtását tervezik.

1. Az űrállomás mint mikrogravitációs laboratórium működik, elsősorban az anyag- és élettudományok művelői számára, hogy lehetőségük nyíljon újabb kutatások folytatására, új vizsgálati eljárások, technológiák kidolgozására és a tudományos eredmények gyakorlatba való átültetésére.

Az anyagtudományok művelőinek lehetőségei igen szerteágazóak, hiszen a világűrben eddig végzett kísérletek alapján ma már közismert, hogy egy sor fém, ötvözet és vegyület előállítása mikrogravitációs környezetben egyszerűbb, könnyebb, mint a Földön. Ráadásul sok olyan van közöttük, amely a földfelszíni körülmények között nem is állítható elő — gondolok itt elsősorban a nagy fajsúlykülönbségű elemekből álló ötvözetekre —, vagy, mivel gravitációmentes térben a fémolvadékok megszilárdulási folyamata a

hőelvonással igen jól irányítható, olyan szövetszerkezet is előállítható, amelyet a földi gravitáció gyakorlatilag megakadályoz. A félvezető anyagok előállítása a világűrben ma már közel van az ipari tevékenységhez — a gallium-arszenidet néhány év múlva már kozmikus üzemekben fogják előállítani —, de a további kutatások részére is hallatlan lehetőséget nyújt a súlytalanság és a kozmikus vákuum. Ugyanez mondható el a kémiai technológiáról is, hiszen az a jó pár kísérlet, amelyet a különböző űrrepülések alkalmából végeztek, bebizonyította, hogy sokat profitálhat az emberiség a kozmikus vegyi üzemekből. Nemrég párhuzamosan egy földi és egy világűrbe telepített elektroforéziskészülékkel proteinelválasztási kísérletet végeztek. Az eredmény döbbenetes volt: a világűrben működő készülék azonos idő alatt 700-szor (hétszázszor!) több anyagot választott le, és a világűrben előállított kísérleti anyag négyszer tisztább volt, mint a földi.

A kémiai technológiai kísérletek, amelyek célja különböző tulajdonságú vegyületek előállítása, már ma is szoros kapcsolatban állnak a kozmikus orvosi biológiai kutatásokkal, hiszen a gyógyszervegyészet megújulását várják az űrbe telepített vegyi üzemektől.

A gyógyszerkutatás mellett természetesen más alapvető feladatai is vannak az orvosi biológiai kutatásoknak, hiszen mindenekelőtt a különböző fejlettségi fokú élőlények űrbeli viselkedését tanulmányozzák. Azt például, hogy az alacsonyabb rendű élőlények életfunkcióit hogyan befolyásolja a súlytalanság, a földinél intenzívebb kozmikus sugárzás, hogyan hatnak ezek a tényezők fejlődésükre. Nyilvánvaló azonban, hogy e kutatások legfontosabb feladata az ember szellemi és fizikai állapotának tanulmányozása kozmikus körülmények között, hiszen az űrhajózás ma még a kezdet kezdetén tart, és az eddig szerzett tapasztalatok és ismeretek még nem tudnak olyan fontos kérdésekre választ adni, hogy képes-e az emberi szervezet több évig tartó űrrepülésekre, vagy az űrrepülés időtartamától vagy pályájától (Föld körüli pálya vagy bolygóközi repülés) függően vált-e ki valamilyen genetikai hatást az emberben. A kutatási feladatok mellett ma már komolyan foglalkoznak azzal a tervvel is, hogy egy-két évtizeden belül komoly orvosi műtéteket fognak végezni az űrállomás egy erre speciálisan kialakított moduljában, többek között abból indulva ki, hogy a világűrben végzett műtétek esetén megszűnik a betegek „felfekvésének” veszélye, de ami még fontosabb, hogy a súlytalanság tehermentesíti a szívet is.

2. A Föld és más égitestek távérzékelés segítségével folytatott vizsgálatának kiterjesztése a következő feladatcsoport, amelynek megoldásától sokat várnak a szakmai körök. Jelenleg is működnek olyan automata műholdak, amelyek a Föld felszínét, légkörét figyelik (LANDSAT, METEOR, NOAA stb.) az elektromágneses sugárzás különböző tartományjaiban, a mikrohullámútól a látható fényen át az ultraibolya-tartományig. Továbbá olyan bolygóközi szondák, amelyek a Naprendszer bolygóit (Mars, Pioneer, Venera, Voyager) és olyanok is, amelyek különböző csillagokat, csillagrend-

szereket (Asztron, IUE, IRAS) észlelnek, de az űrállomás üzembe állítása, az ember állandó aktív részvétele jelentős változásokat hozhat a Föld felületének megfigyelésében, és szinte forradalmi változást a csillagászatban.

Ami a Föld megfigyelését illeti, itt az ember szerepe két okból növeli e tevékenység eredményességét. Egyrészt, az ember kiválaszthatja megfigyelésének tárgyát, és a megfigyelés időtartamát, számát tetszőlegesen állapíthatja meg az űrállomás pályájától függően, ellentétben az automatákkal, amelyek csak azt és úgy látják, amire és ahogy „megtanították”, beprogramozták őket. Másrészt a távérzékelési eszközök és módszerek fejlesztése nyert sokat az űrállomás megvalósításával, hiszen az űrállomás személyzete a „helyszínen” tudja kipróbálni és ellenőrizni az új eszközöket, és ha kell, módosítani is.

Ami más égitestek kutatását illeti, az ismeretek gyűjtése itt is hatalmas lépésekkel haladhat előre, mert a világűrbe telepíthető minden olyan teleszkóppal, amelynek működését a földi légkör zavarta, olyan frekvenciatartományokban is végezhetők állandó megfigyelések, amelyek számára a földi légkör „nem átlátszó”, tehát földi megfigyelés lehetetlen, és végül a megfigyelőeszközök (tükrök, lencsék, antennarendszerek) méretkorlátozása, ami a gravitáció következménye, (elvileg) szintén jelentősen csökken.

3. A földközeli térség tudományos vizsgálata helyszíni mérésekkel és mesterségesen kiváltott kölcsönhatásokkal. Ez a feladat is egy, már az első műholdak fellövése óta folyó kutatási program kiterjesztése. E program célja nem más, mint a Föld kozmikus környezetének részletes felmérése: a térség szerkezetének, a benne lejátszódó folyamatoknak pontosabb megismerése, valamint a Nap—Föld kapcsolatrendszernek a legapróbb részletekig való tanulmányozása. Végeredményben a napjainkig felküldött, tudományos kutatásra szolgáló műholdak nagy többségének ez volt a feladata. Kutatási programjaik igen szerteágazóak voltak: a mikrometeoritok tömegének és energiájának mérésétől a töltött részecske-sugárzás tulajdonságainak vizsgálatáig, a mágneses tér mérésétől a felsőlégkör mozgásának tanulmányozásáig terjedt. Az űrállomás üzembe állításával ez a széles körű mérési program bővülni fog, hiszen ezen az űrobjektumon állandóan jelen levő szakemberek ismeretei és találmányuk ezeknek a már klasszikusnak számító kutatási módszereknek és eszközöknek számtalan újabb változatát eredményezhetik.

4. Az űrtechnika továbbfejlesztése, különös tekintettel a nagyméretű kozmikus szerkezetek építési, szerelési technológiájára. Maga az űrállomás is egy nagyméretű, bonyolult szerkezet, amelyet csak szerkezeti elemenként, modulonként lehet a világűrbe juttatni a mindenkorli hordozóeszközök, rakéták, űrrepülőgépek szállítási kapacitásától függően, és ott fenn kell őket összeszerelni. Ott kell „felépíteni” egy olyan kozmikus objektumot, amely lakó- és munkahelyül szolgál majd az asztronautáknak. Ennek a „kozmosz építési technológiának” kifejlesztése már az első űrbeli hegesztéssel megkez-

dődött, amelyet Valerij Kubaszov végzett el, és napjainkban ott tart, hogy már több tíz méter hosszú térbeli rácsos tartót tudnak elemeiből összeszerelni a világűrben az űrhajósok (lásd a 6. színes mellékletet).

Nyilvánvaló, hogy az űrállomás építésének megkezdéséig még nagyon sok technológiai fogást kell kidolgozni és begyakorolni a kozmikus építómunkásoknak. Ez az építés azonban csak a kezdet, az első komoly építési program a világűrben. Ugyanis már évek óta terveket készítenek szakemberek, hogy hatalmas szerkezeteket szerelnek össze a világűrben különféle célból. Ezek közül csak kettőt említek. Hatalmas antennarendszereket terveznek a rádiócsillagászok részére, de foglalkoznak több kilométeres napkollektorok építésével is, amelyekről a hozzájuk kapcsolódó antennák segítségével az elektromos energiává alakított fényenergiát mikrohullámú rádiófrekvenciartartományban a Földre sugározzák, hogy ott a lesugárzott energiát a villamosenergia-hálózatba táplálva az emberiség energiaszükségletének biztosítására használják. Ilyen nagyméretű szerkezetek összeszerelése viszont még további technológiai fejlesztést igényel, és ez a fejlesztés már a világűrben valódi munkakörülmények között végezhető el, ami sokkal előnyösebb, mintha ezt előbb a Földön kísérleteznék ki, és csak utána kezdenék adaptálni kozmikus feltételekre. Egyébként is, amint működni kezdenek az állandóan lakott űrállomások, sok kutatás és fejlesztés esetében a szakembereknek véglegesen el kell szakadni „földhöz ragadt” szemléletmódjuktól, hozzá kell szokniuk, hogy a kozmoszban a súlytalanság állapotában máshogyan kell élni, más módon kell dolgozni.

5. Az űrállomáshoz tartozó platformok, műholdak és más automata berendezések karbantartása, javítása és felújítása ugyancsak fontos feladata lesz az űrállomás személyzetének. Ez a kozmikus karbantartó, javítószolgálat tulajdonképpen a Szaljut—6 űrállomás felújításával kezdődött, aminek következtében rekord élettartamot ért meg ez az objektum, és a Solar Maximum Mission napfizikai hold meghibásodott részeinek kicserélésével és ismételt bekapcsolásával folytatódott. Mind a mai napig a kozmikus szerviz csúcsteljesítményét a gyakorlatilag működésképtelen Szaljut—7 űrállomás „felélesztése” és újbóli üzembe állítása jelenti.

De közben az űrrepülőgép segítségével befogtak olyan mesterséges holdat, amely műszaki hiba miatt nem érte el tervezett pályáját, visszahozták a Földre, itt kijavították a hibákat, majd újra felvitték az űrrepülőgéppel, és utána sikeresen az eredetileg tervezett pályára állították. Nem szükséges magyarázni, hogy ez milyen hatalmas anyagi hasznot hozott mind az üzemeltetőknek, mind a biztosítótársaságnak, hiszen az a több mint százmillió dollár, amibe a műhold került, nem veszett kárba, csupán pár millió dollárt kellett kifizetni a szállításért és javításért; az újra pályára állításig eltelt idő, magyarán: az üzemidő-vesztés töredéke volt annak, mintha egy új műholdat gyártottak volna le. Ez csak egy műholdra vonatkozik, de nem nehéz elképzelni, mennyibe kerül egy űrállomást újra cserélni.



Egyébként is a műholdak fejlesztési és előállítási költsége egyre nagyobb. Hiszen egyre bonyolultabb a szerkezetük, ugyanakkor megbízhatóságuk és élettartamuk, az általuk nyújtott szolgáltatás színvonala is egyre nő, tehát egy rossz start vagy a tervezett üzemidő előtt a működés megszűnése egyre komolyabb anyagi veszteséget jelent az üzemeltetőknek. Nem véletlen tehát, hogy a vezető űrhatalmak egyre nagyobb súlyt fektetnek a kozmikus karbantartó, javítószolgálat kialakítására. Tovább nő e szolgáltatás iránt az igény, amint üzembe áll a tervezett űrállomás, hiszen ez egy minden eddigénél bonyolultabb kozmikus objektum, amellyel szemben még az az eddig szokatlan elvárás is fennáll, hogy önállóan kell biztosítania folyamatos működését, azaz csak egészen komoly meghibásodások esetén kérhetnek segítséget a Földről. Tovább bonyolítja a helyzetet — mint az a továbbiakban részletesen bemutatásra kerül — az, hogy az űrállomás egy olyan rendszer, amelynek több önálló, különböző pályán keringő egysége is van, amelyeken nincs ember. Ezeken különféle kísérleteket végeznek, vagy különböző anyagokat gyártanak, minek következtében szükséges, hogy az űrállomás személyzete rendszeresen ellenőrizze őket, és a kész termékeket a központi egységre szállítsa, illetve onnan alapanyaggal lássa el ezeket a következő gyártási ciklusra, mindemellett a keletkezett hibákat javítsa meg. Egy ilyen kozmikus karbantartó, javítószolgálat az elmondottakon kívül még egy jelentős haszonnal jár, minőségileg új, ún. univerzális műholdtípus kifejlesztését is elősegíti, amely típus igen sokféle mérés, megfigyelés, kísérlet elvégzését teszi lehetővé. Felépítése és működése röviden az alábbiakban foglалható össze:

Készítenek egy nagyméretű műszerállványhoz hasonló tartókeretet, amelybe szabvány méretű műszerrekeszek helyezhetők. A tartókerethez „árbocokat” rögzítenek, amelyekre a műszerek érzékelői, antennák szerelhetők, továbbá ellátják napelemekkel és tápegységblokkal, amelyek az energiaellátást biztosítják, ezenkívül az irányítóközpont parancsainak vételére és a mért adatok továbbítására egy telemetriablokkal látják el.

Ezzel kész is az univerzális műhold, csak be kell kapcsolni, és mindaddig működtetni, amíg a mérési program tart. Ekkor a fölöslegessé vált műszerrekeszek és érzékelők néhány mozdulattal eltávolíthatók, az új feladatnak megfelelő egységek elhelyezhetők a helyükre, és anélkül, hogy új műholdat fejlesztek volna, „új”, a célnak megfelelő mérések, megfigyelések elvégzésére alkalmas műhold jött létre. Hasonlóan, a meghibásodott rekeszek, érzékelők vagy egyéb szerkezeti elemek cserélésével egyszerűen javíthatók az ilyen típusú mesterséges holdak. Mindez jelentős megtakarítást jelent mind anyagiakban, mind idővesztésben, annál is inkább, mivel az űrállomástól ezek az objektumok sokkal gyorsabban és számottevően kisebb energiával — olcsóbban — érhetők el, mint egy földi bázisról.

6. Az űrállomás — kozmikus kikötő. Az előzőekben felsorolt öt nagy feladat mindegyikének csírái vagy többé-kevésbé végleges formái napjainkig

már kialakultak az űrhajózásban, hiszen az űrhajósok végrehajtottak már az eddig repült űrhajók, űrrepülőgépek, űrállomások fedélzetén többek között gyártástechnológiai, orvosbiológiai kísérleteket, a népgazdaság számára különféle erőforrás-kutatási célú megfigyeléseket végeztek, mérték a sugárzási szinteket, műholdakat és űrállomásokat javítottak, de eddig még nem fordult elő, hogy egy ember lakta űreszköz más, szintén emberrel repülő űrhajót fogadjon és indítson tovább kozmikus pályáján, legyen a Földről a világűr távolabbi részei felé tartó út, vagy ennek fordítottja, miközben a vendégűrhajó számára olyan szolgáltatásokat nyújtott volna, mint a műszaki ellenőrzés, javítás, hajtóanyag-feltöltés, hasznos terhek ki- és berakása stb. Egy állandó űrállomás lesz az első olyan kozmikus objektum, amely mindezeket a szolgáltatásokat nyújtani tudja, sőt arra is alkalmas lesz, hogy nagyméretű bolygóközi űrhajókat szereljenek össze „rajta”, amelyet részenként a Földről juttatnak Föld körüli pályára, magyarul: az első olyan űreszköz lesz, amely a világűrben nyújtja mindazokat a „klasszikus” szolgáltatásokat, amelyeket a Földön egy légi- vagy vízi kikötő. A szakemberek igen nagy várakozással tekintenek az állandó űrállomások üzembe állítása elé: tudja-e végül is teljesíteni azokat a feladatokat, amelyeket például újabb holdrepülések vagy éppen egy bolygóközi utazás állít elé. Az ilyen űrállomás működésének megindulásától várják ugyanis a holdrepülések újrakezdését — és ezzel együtt holdbázisok kiépítését, a Hold természeti erőforrásainak kihasználását és a bolygóközi utazások megkezdését. Azt, hogy milyen nagy ez a várakozás, mi sem jellemzi jobban, mint az, hogy a Boeing cégmérnökei már komplett előtanulmányokat készítettek egy tekintélyes méretű (több mint húsz főt befogadó) holdbázist kiszolgáló holdkomp és egy Mars-repülés céljára alkalmas űrhajó kifejlesztéséhez. Mindegyik űreszköz űrkikötőként használná az űrállomást.

Az állandó űrállomásnak — mint az előző hat pontban, ha nem is részletesen, de lényegét tekintve vázoltam — fontos, érdekes, szokatlan és izgalmas feladatai lesznek. Nem mindegy tehát, hogy ezen feladatok sikeres megoldásához milyen szerkezeti felépítést akarnak kialakítani a tervezők, és üzemeltetését milyen módon kívánják megoldani. Ami a felépítést illeti, az az elnevezés, hogy űrállomás, nem pontos, nem tükrözi a valóságos helyzetet, hiszen ez az űrállomás több önálló űreszközből áll, amelyek különböző pályán repülnek, sőt olyanok is vannak közöttük, amelyek az igények szerint változtatni képesek pályájukat. Ami végül is ezt a sok különálló egységből összetett rendszert egy űrállomássá teszi, az, hogy feladataik szigorúan meghatározott összefüggésben lesznek, és természetesen ezzel együtt működésüket is pontosan összehangolják. Melyek ezek az egységek?

1. Az űrállomás központi egységeit, amelyben az űrhajósok állandó lakó- és munkahelyei vannak, különböző feladatokat ellátó modulokból állítják össze oly módon, hogy biztosítják az egyes modulok közti szkakfander

nélküli átjárás lehetőségét, azaz klimatizálják az összekötő folyosókat (7. színes melléklet). Milyen modulokat terveznek? Lesznek lakómodulok, ezek mindegyike 6—8 űrhajós számára biztosít kozmikus összkomfortot. Ezekhez szorosan kapcsolódnak a kiszolgálómodulok, amelyek feladata az energiaellátás, az űrállomás levegőjének tisztítása és a klimatizálás, általában az életfeltételek biztosítása. Az űrhajósok különböző laboratóriumoknak vagy gyártórészlegnek kialakított modulokban fognak dolgozni, míg az űrállomáson kívül a központi egységhez rögzített platformokon tevékenykedhetnek. Különbőféle karbantartó munkák számára szerelő-javító modulokat alakítanak ki, míg az űrrepülőgépek vagy űrhajók fogadására és kiszolgálására dokkoló- és rakodómodul szolgál. Már a felsorolásból is látszik, hogy a tervezőket egy fontos alapelv vezérelte, mégpedig az űrállomás modulrendszerű felépítése. Ennek az alapelvnek az elfogadását két tényező tette szükségessé: az egyik az, hogy a már üzemelő űrrepülőgépek (e sorok írásakor, a Challenger katasztrófája után, a Discovery, a Columbia és az Atlantis képezi a flottillát) rakodóterének mérete és az általuk szállítható hasznos teher tömege pontosan meghatározza az egyes modulok maximális méreteit; a másik az, hogy modulrendszer alkalmazása esetén igen rugalmas, a feladatokat maximálisan figyelembe vevő űrállomás építhető fel. A teljes felépítés évekig tarthat, hiszen már néhány alapmodul (egy-egy lakó-, kiszolgáló-, laboratórium- és dokkolómodul) ugyan korlátozott lehetőségekkel, de már komplett központi egységet képez. Ettől kezdve azután az állandó űrállomás személyzetének aktív közreműködésével szinte korlátlanul bővíthető, sőt ha egy modulra már nincs szükség, az leválasztható, és vissza lehet szállítani az űrrepülőgép segítségével a Földre. Ugyanez vonatkozik egy erősen meghibásodott, az űrben már nem javítható modulra. Helyette újabb modul csatlakoztatható a központi egységhez. A központi egység egyébként mintegy 500 km magasságú, 28,5 hajlásszögű pályán fog keringeni.

2. Az űrállomás más, önálló pályán repülő részegységei lesznek a platformok. Ezek ember nélküli automaták, felszerelve különféle mérő-, megfigyelőműszerekkel. Egy ilyen platform tulajdonképpen nem különbözik a ma is működő mesterséges holdak jelentős részétől. Lesznek továbbá automata laboratóriumok, amelyekben különböző anyagok előállításával, alakításával kapcsolatos kísérletek folynak. Ezeken a platformokon csak olyan tudományos vagy gyártóprogramok futnak, amelyek végrehajtásához nem szükséges az ember állandó, közvetlen felügyelete vagy részvétele, de bizonyos okok miatt — ellenőrzés, karbantartás, alapanyag-utánpótlás, késztermék-elszállítás — rendszeresen meg kell látogatni őket. Tulajdonképpen ez a szoros kapcsolat az, ami ezeket a platformokat az állandó űrállomás integráns részévé teszi. Ezeknek a platformoknak a pályái feladatuktól függően igen változatosak lehetnek, a pár száz kilométer magasságtól a geoszinkron pályáig, és az egyenlítő síkjától a retrográd hajlásszögekig terjedhet hajlásszögük.

3. A központi egység és a platformok közötti összeköttetés biztosítására, továbbá a platformok és más műholdak, űreszközök pályára állítására szolgálnak az OMV (*Orbital Maneuvering Vehicle*) elnevezésű űrjárművek. Ezek részben ellátják az előző pontban vázolt szállítási feladatokat a központi egység és a platformok között automata üzemmódban vagy ember által vezetve; szállíthatnak pótalkatrészeket, műszereket, különféle berendezéseket, anyagokat, embereket. Emellett egy igen fontos szerepet töltenek be. Ez a feladat nem más, mint az, hogy az űrrepülőgéppel a Földről az űrállomás központi részéhez szállított műholdakat vagy platformokat a tervezett pályára állítják, majd visszatérnek „kikötőjükbe”, a központi egységre. Segítségükkel még olcsóbb lesz a geoszinkron pályára juttatni távközlési, meteorológiai vagy más feladatok ellátására szolgáló műholdakat, mivel ezzel a Föld körüli alacsony parkoló pályáról a geoszinkron pályára szállító hordozóeszköz is újra felhasználhatóvá válik (ma még ez kárba vész), és a pályára állítás költségét alapjában a hajtóanyag ára határozza meg. A feladat teljesítése után ugyanígy az OMV újra visszatér a központi egységhez. Ezek a szállítójárművek egyébként kizárólag Föld körüli pályán repülhetnek. Nem használhatók fel sem a Földről az űrállomásra, sem az űrállomásról a Földre történő szállítások céljára. Az űrállomás központi része egyébként a támaszpontjuk, itt tárolják, javítják őket, töltik fel hajtóanyaggal, más szükséges anyagokkal. Alkalmazásuk különben azonnal megmutatja, miért van szükség az űrállomás központi részén olyan modulokra, mint a dokkoló-, a karbantartó- vagy raktármodul.

Már így, vázlatosan ismertetve is roppant bonyolult rendszer látszatát kelti az űrállomás, azonban ha valaki veszi a fáradságot, és a már rendelkezésre álló adatokat elemzi, rájön, hogy ez a látszat még szép is a valós helyzethez képest. Nem véletlen tehát, hogy az űrállomás tervezői merőben szokatlan működési feltételeket szabtak rá.

Csak a két legfontosabb ezek közül:

1. Az űrállomásnak teljes egészében át kell vennie saját (ebben természetesen a központi egység, a platformok és az OMV-k is benne vannak) repülésirányítását a földi központtól.

2. Teljesen önellátónak kell lennie saját karbantartását és javítását tekintve, azaz úgy kell a pótalkatrészeket és anyagokat készletezni, és állandóan olyan összetételű személyzetnek kell tartózkodnia a fedélzeten, hogy ezt biztosítani lehessen.

Az űrállomás felépítésének és működtetési feltételeinek alapelemeivel történt megismerkedés után már feltehető a kérdés: kik dolgozhatnak vagy dolgoztathatnak az űrállomáson, pontosabban: kik élhetnek az űrállomás nyújtotta lehetőségekkel, kik férhetnek hozzá? Az amerikai Űrhajózási Hivatal, a NASA hivatalos állásfoglalása szerint mindazok, akik az előírt feltételeknek eleget tesznek.

Mik ezek a feltételek?

Az egyik, és talán legfontosabb, hogy eleget tegyen az alábbi hivatalosan meghirdetett célnak: minden, az űrállomáson folytatott tevékenység, köztük a tudományos és alkalmazott kutatások, valamint az űrtechnológia fejlesztése is a világűr gazdasági kihasználására, a világűr kommercializálására szolgáljon. Vele együtt jelentették be a NASA képviselői az űrállomásra kerülő műszerek, berendezések tulajdonjogi folytonosságának elvét is. Ez a következőket jelenti: a jövőben minden cég, állami, magán, vagy nemzetközi, ha akarja, megtarthatja a tulajdonjogát az általa előállított műszer vagy berendezés esetében az űrállomáson történt elhelyezése után is, részt vehet saját űrhajóssal annak üzemeltetésében, és ez esetben az elért eredmény vagy haszon saját tulajdona lesz. Természetesen egy ilyen szituációban a cégnek kell vállalni a fejlesztési költségek mellett a felbocsátás, űrhajósképzés és üzemeltetés költségeit is. Emellett nyilvánvaló, hogy különféle műszaki-repülésbiztonsági feltételeknek is eleget kell tenniük a felhasználók berendezései és űrhajóssai. Ezek felsorolása viszont lehetetlen, részint terjedelmi okok miatt, részint azért, mert ez utóbbiak közül néhányat részleteiben még ki sem lehetett dolgozni, majd csak az űrállomás fejlesztésének végső stádiumában.

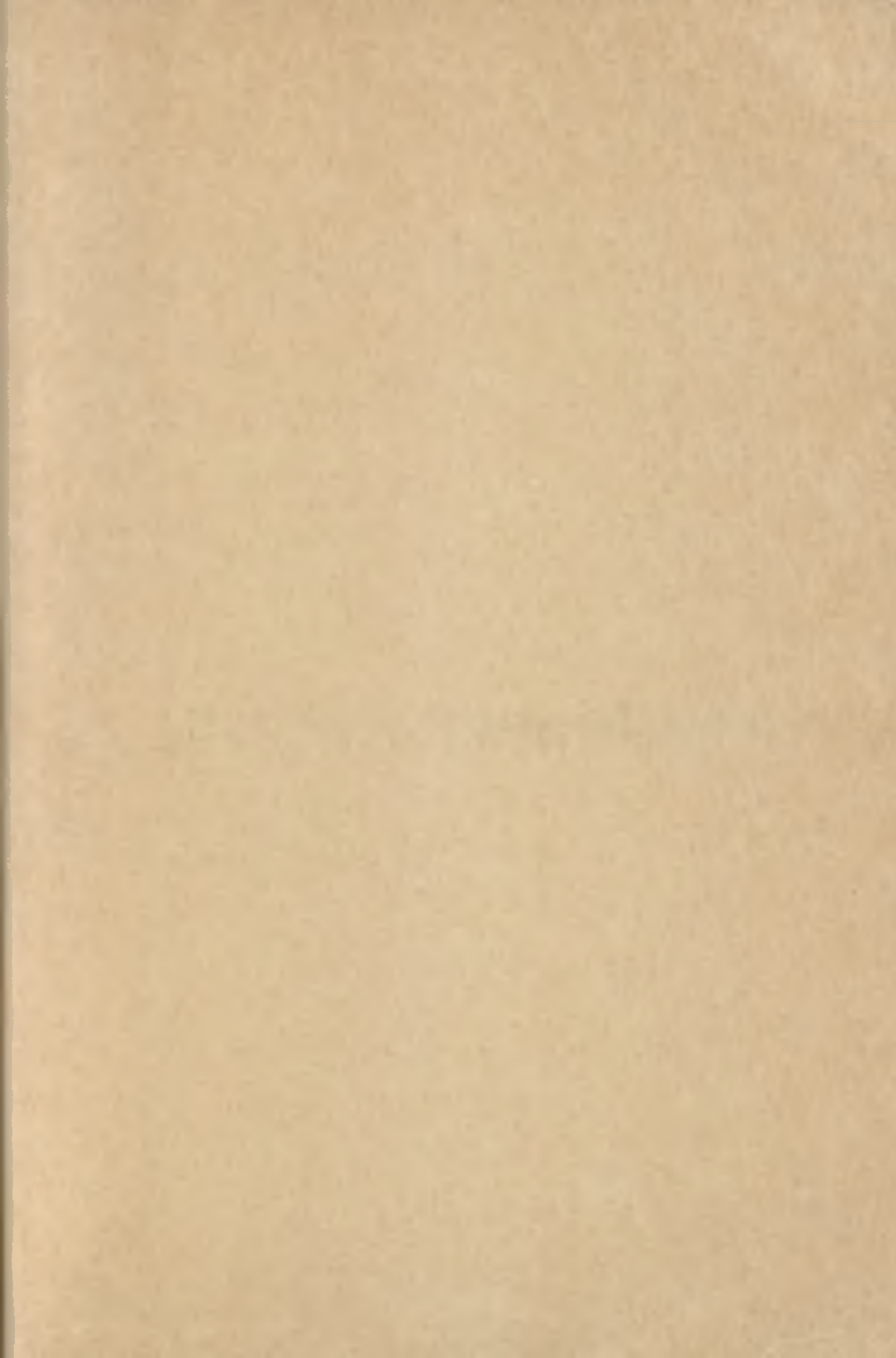
A célok nagyra törőek, a feladatok lenyűgözőek, de hogy áll a megvalósítás, hol tartanak a tervezők, a fejlesztők? Várható-e, hogy a tervezett időben, a kilencvenes évek első felében működni kezd ez az űrállomás? Csak felsorolásként, hogy mi valósult meg eddig a leglényegesebb feltételek közül. Gagarin űrrepülése óta gyakorlatilag megoldották az életfeltételek biztosítását űreszközökön korlátlan ideig. Az űrrepülés biztonságos végrehajtásához szükséges navigációs és telemetriai rendszereket kifejlesztették. Gyakorlatilag rendelkezésre áll az űrállomás felépítéséhez szükséges valamennyi szerkezeti anyag. Néhány speciális eredmény: kidolgozták, kipróbálták és azóta rendszeresen használják a magyar sajtóban „repülő karosszéknek” nevezett MMU (*Manned Maneuvering Unit*), egyéni manőverező berendezést, amellyel egy űrhajós korlátozott ideig az űrhajón kívül tartózkodhat, attól bizonyos távolságra eltávolodhat, és segítségével nagy tömegű szerkezeteket is mozgathat az űrben. Vagy kipróbálták a Solar Maximum műholdon egy javítási módszert, egy kisméretű űrállomást (kb. űrállomásmodul-méretű), a Spacelabet felvitték az űrrepülőgéppel Föld körüli pályára, és missziója befejeztével visszahozták a Földre. És a legfontosabb: forgalomba állítottak kozmikus hordozóeszközök új generációjából, az űrrepülőgépekből egy kisebb flottát. Ezzel tulajdonképpen az egész űrállomás-üzemeltetés egyik alapvető feltételét, a biztonságos és relatíve olcsó szállítást biztosították a Föld és az űrállomás között. Mindezek ellenére el kell mondani, hogy ennek az űrállomásnak a megvalósítása még jó néhány év megfeszített munkáját igényli, hiszen a rendszer legnagyobb része még tervezőasztalon létezik csak, tehát a munkák zöme még hátravan.

Ennek ellenére már jó pár prognózis született azzal kapcsolatban, hogy

az űrállomás létrehozása és működése milyen társadalmi, műszaki-tudományos, gazdasági, politikai és katonai hatással lesz a világra. Ezek közül csupán egyre szeretnék kitérni. Amerikai szakértők, ha az űrállomás kifejlesztésébe és üzemeltetésébe bekapcsolódnak a tőkés világ vezető ipari hatalmai (NSZK, Japán, Nagy-Britannia, Kanada), azaz, ha tudományos-műszaki potenciáljukat integrálják egy ilyen csupa csúcstechnológiát (High Tech) igénylő kozmikus rendszer létrehozása érdekében, az eredmény az lesz, hogy az űrállomáson folyó munkák ontani fogják a High Tech, sőt az Ultra High Tech fogalomkörébe tartozó anyagokat, eszközöket, eljárásokat. Ezzel elérik azt, hogy a szocialista országokkal szemben — pontosan a népgazdaságban kulcsszerepet játszó elektronizációban és robotikában, valamint anyagtechnológiában — abszolút előnyhöz jutnak, helyzetük a világpiacon monopolhelyzet lesz, továbbá a gazdasági versenyben is behozhatatlan előnyt szereznek.

Nyilvánvaló, hogy ezt a ténykedést nem szabad nekünk sem figyelmen kívül hagyni, a szocialista országoknak is össze kell fogni egy hasonló űrobjektum-rendszer megvalósítása érdekében, de ezenkívül olyan apróság mellett sem mehetünk el, hogy mi is előnyös helyzetbe kerülhetünk bizonyos területeken. Ismert az a tény, hogy a nyugati országok igen sok pénzt voltak kénytelenek elvonni az alapkutatások finanszírozásától, éppen az űrállomás-fejlesztés miatt, vagyis ezekben a kutatásokban jó pár évig csak mérsékelten lesznek jelen, tehát itt mi is szerezhetünk behozhatatlan előnyt velük szemben.

E sorok szerzője is osztja sokak véleményét a kialakulóban levő versenyfutásról, hogy a legracionálisabb megoldás a versengés megszüntetése és az ésszerű munkamegosztás kialakítása lenne a világűr békés célú kutatása és kommercializálása területén, hiszen a világegyetem végtelen, számtalan folyamat, kölcsönhatás játszódik le benne, és a véges lélekszámú emberiség még végeesebb számú kutatója, szakembere mindegyikének bőven akadna lehetősége arra, hogy többel vagy kevesebbel gyarapítsa ismereteinket a világegyetemről, ötletei nyomán az egész emberiség számára hasznos munka folyjék a kozmoszban.



60.— Ft