

meteor

csillagászati évkönyv

2008

Galaxis az Andromedában



meteor

az MCSE
csillagászati
folyóirata



útikalauz a Világegyetemhez

A folyóirat honlapja: meteor.mcse.hu — megrendelés: meteor@mcse.hu

meteor

csillagászati évkönyv

Meteor csillagászati évkönyv 2008

2008

Szerkesztette:

Horváth József

Miskolc, 2008

Magyar Csillagászati Egylet

Budapest, 2008

www.mcsz.hu

meteor csillagászati évkönyv 2008

Szerkesztette:
Benkő József
Mizser Attila

Cikk	
Művészi képek	
Kajmán Béla: A napfény	150
Béres Zoltán: A csillagok	181
Toth Imre: Az üstökösök	181
Petrovay Kriszta: A Naprendszer	182
Bencze Szabolcs: Új évszázad	183
Kun Mária: A galaxisok	184
Szabados László: A Lokális	185
Szabó M. Gyula: Egypéldányú	186
Eder Iván: Döntés az	187
Beszámoló	
Mizser Attila: A Magyar Csillagászati	188
Bajza László: A MTA	189
Munkácsik Miklós: A SZJA	190
Érdi Balint: Az ELTE	191
Szatmáry Károly: A Szegedi	192
E. Kovács Zoltán: A 25 éves	193

ISBN 963-2851

Felvezető: Mizser Attila
Készült a G-PRINT BT nyomdájában
Felvezető: Wipperfurthauer
Tartalom: 21 + 8 oldal színes melléklet

Magyar Csillagászati Egyesület
Budapest, 2007
www.mcse.hu

Az évkönyv összeállításában közreműködött:

Butuza Tamás
Gyarmati László
Hegedűs Tibor
Horvai Ferenc
Kiss László
Jean Meeus
Sárneczky Krisztián
Szabó Sándor
Székely Péter
Szóllósi Attila

Az eseménynaptár rész csillagtérképei az Ursa Minor szoftverrel készültek.
www.ursaminor.hu

Az elongációs grafikonok készítéséhez egyedi szoftvert használtunk,
melyet Butuza Tamás készített.

Szakmailag ellenőrizte:
Szabados László

Tördelés:
Hingyi Gábor

Borítóterv és színes képmelléletek
Vizi Péter

A kiadvány támogatói:
Mindazok, akik az SZJA 1%-ával támogatják
a Magyar Csillagászati Egyesületet.
Adószámunk: 19009162-2-43

ISSN 0866-2851

Felelős kiadó: Mizser Attila
Készült a G-PRINT BT nyomdájában
Felelős vezető: Wilpert Gábor
Terjedelem: 21 ív + 8 oldal színes melléklet
2007. november

Tartalom

Bevezető	7
Kalendárium	13
Cikkek	
Kálmán Béla: A napkutató újdonáságai	159
Bebesi Zsófia: Titán – a Szaturnusz óriásholdja	167
Tóth Imre: Az üstökösök új világa	183
Petrovay Kristóf: A Naprendszer keletkezése	207
Barcza Szabolcs: Új eredmények az asztrofizika világából	228
Kun Mária: A galaktikus csillagászat újdonáságaiból	237
Szabados László: A Lokális csoport	248
Szabó M. Gyula: Égboltfelmérések kozmológiája	266
Éder Iván: Digitális mélyégfotózás	286
Beszámolók	
Mizser Attila: A Magyar Csillagászati Egyesület tevékenysége 2006-ban.	305
Balázs Lajos: Az MTA KTM Csillagászati Kutatóintézetének működése 2006-ban	310
Érdi Bálint: Az ELTE Csillagászati Tanszékének működése 2006-ban	322
Szalmáry Károly: A Szegedi Csillagvizsgáló tevékenysége 2005-2006-ban	327
E. Kovács Zoltán: A 25 éves Kecskeméti Planetárium tevékenysége	333

A címlapon

Az NGC 891. Az Andromeda csillagképben megfigyelhető éléről látszó spirálgalaxis. A felvétel 406/2050-es Newton-távcsővel készült a nyúli A*P*O csillagvizsgálóból 2007. október 6-án, Canon EOS 30D fényképezőgéppel, 9x10 perc expozíciós idővel (Szitkay Gábor és Éder Iván felvétele).

A hátsó borítón

A japán SELENE űrszonda a Hold felé tartó útján készítette ezt a felvételt Földünkről, 110 ezer km távolságból.

Bevezető

Jelentősen megújult Csillagászati évkönyvet tart kezében az Olvasó. Az évkönyv immár a Magyar Csillagászati Egyesület gondozásában is komoly hagyományokra tekinthet vissza. Amikor az 1980-as évek végén egyesületünk önálló csillagászati évkönyv kiadását határozta el, és ezzel a nagy múltú hazai évkönyvkiadás folytatását biztosította, a cél a megszokott Gondolat-évkönyvek folytatása, lehetőség szerint visszaállítása volt. Amint a kiadó Magyar Csillagászati Egyesület anyagi lehetőségei megengedték, ezt a célt sikerült is elérni: az 1998–2007-es kötetek már mindenben megfeleltek egy hagyományos csillagászati évkönyvvel szemben támasztott követelményeknek.

Időközben alaposan megváltozott a magyarországi szakkönyvkiadás helyzete, és az internet viharos térhódításával párhuzamosan egyre kisebb példányszámban érdemes kiadni igényes ismeretterjesztő kiadványokat is. Egy csillagászati évkönyv egyik fontos szerepe az adott évre vonatkozó csillagászati alapadatok, valamint az érdekes, látványos, ritka – és természetesen a kötet lezárásáig előre jelezhető – égi jelenségek pontos közlése mindazok számára, akik érdeklődnek a csillagos ég jelenségei iránt. Amint azt az Olvasó tapasztalhatja, a 2008-as kötetben jórészt szakítottunk a korábbi évek, évtizedek gyakorlatával: a hosszú oldalakon sorjázó táblázatokkal. Ez a fajta adatközlés természetesen nem tekinthető minden elemében idejétmúltnak, azonban az olvasói és a terjesztői visszajelzések alapján úgy éreztük, hogy ma már erősen megcsappant az igény a táblázatos adatok iránt. A számítástechnika és az internet mai elterjedtsége mellett, amikor egyre többen használnak különféle planetárium-programokat, és naprakész információkat kaphatnak az internetről, és ezzel akár személyre szóló „évkönyvet” is készíthetnek saját használatra, egy hagyományos, nyomtatott évkönyv gyökeresen más szerepet kell hogy kapjon.

A 2008-as Csillagászati évkönyvben a hagyományos táblázatok nagy részét elhagytuk, helyettük igyekeztünk a korábbiaknál jóval több szemléletes ábrával illusztrálni az év folyamán megfigyelhető jelenségeket. Lényeges és szembeszökő újdonság, hogy az adott hónap csillagászati érdekességeire hosszabb-rövidebb ismertetőkkel hívjuk fel a figyelmet (meteorrajok, kisbolygók, üstökösök, változócsillagok, mélyég-objektumok stb.). Ezekkel az

újításokkal szeretnénk még közelebb hozni az érdeklődőket a csillagos éghoz, a korábbi évkönyvekhez képest céltudatosabban irányítva rá figyelmüket egy-egy égi eseményre.

A havi előrejelzéseket egy-egy évfordulós csillagásztörténeti érdekességgel is színesítjük.

A Kalendárium hagyományos naptár része minden hónapban két oldal táblázattal kezdődik. Ezekben minden időadat KÖZEI-ben szerepel. A bal oldali naptártáblázat első oszlopában található a napnak a hónapon belüli sorszáma, a nap nevének rövidítése és a napnak az év első napjától számított sorszáma. A hetek sorszámát az érvényes magyar szabvány szerint adjuk meg. A Nap időadatai mellett szerepel a delelési magassága, valamint az időegyenlítés értéke is.

Az időegyenlítés azt adja meg, hogy az időzónánk közepén ($\lambda = 15^\circ$) mennyit tér el a Nap valódi delelési időpontja a zónaidő déli 12 órájától. Minthogy az évkönyv táblázatai a $\lambda = 19^\circ$ földrajzi hosszúságra készültek, a delelési időpont oszlopában látható, hogy a valódi Nap itt 16 perccel korábban delel, mint az időzóna közepén.

A jobb oldali táblázatban a Julián-dátum és a greenwichi csillagidő található. Mindkettőnek a csillagászati számításoknál vehetjük hasznát. Az utolsó oszlopban az adott naptári napon ünnepelt névnapok listáját olvashatjuk. A névnap lista adatainak forrása a Vince Kiadónál megjelent Ladó-Bíró: Magyar utónévkönyv c. munka. A táblázat alatt az ismertebb ünnepek, időszámítási és kronológiai információk kaptak helyet.

Az eseménynaptárban az időpontokat UT-ban adtuk meg.

A négy fő holdfázis időpontjai másodperc pontosságúak és geocentrikusak, megadtuk a csillagkép nevét is, ahol a Hold tartózkodik az adott időpontban.

Föld napközeli- és naptávoli-időpontjai (perigeum és apogeum) tized perc pontosságúak, geocentrikusak, valamint fel van tüntetve a Föld távolsága is a Naptól CSE-ben.

A napéjgyenlőségek és napfordulók időpontjai tized perc pontosságúak és geocentrikusak.

Hold librációinak időpontjai tized perc pontosságúak, geocentrikusak. Egy lunáción belül hat időpont van megadva, a legnagyobb északi, déli, keleti és nyugati érték időpontja, valamint a legkisebb és legnagyobb eredő libráció (század fok pontossággal).

Korai/késői holdsarlók. A 48 óránál fiatalabb ill. idősebb holdsarlók láthatóságának időpontjait adtuk meg perc pontossággal, Budapestre számítva, -6 fokos napmagasságra. Az előre jelzett jelenségeknél megadtuk a holdsarló korát valamint a horizont feletti magasságát is.

Bolygók dichotómiája. A Merkúr és a Vénusz bolygó 50%-os fázisának időpontjait is tartalmazza a jelenségnaptár perc pontossággal, a Föld középpontjából nézve.

A Hold földközeli- és földtávol-időpontjai tized perc pontosságúak, valamint meg vannak adva a Hold távolságai a Föld középpontjától és a Hold látszó átmérői is tized ívmásodperc pontossággal.

Az eseménynaptár tized perc pontossággal tartalmazza azokat az időpontokat is, a mikor a Hold eléri legkisebb/legnagyobb deklinációs értékét.

A belső bolygók elongációinak és oppozícióinak időpontjai geocentrikusak és tized perc pontosságúak, az eseménynaptár tartalmazza az elongációk mértékét, a bolygók fényességét, átmérőjét és fázisait ezekben az időpontokban. A Merkúr és a Vénusz alsó illetve a felső együttállását a Nappal tized perc pontossággal adtuk meg. A külső bolygóknál az időpontok szintén tized perc pontosságúak, járulékos adatként a bolygók látszó átmérői, fényességük és a csillagképek nevei is szerepelnek.

2008-ban két holdfogyatkozás lesz látható, a másodperc pontosságú geocentrikus kezdő és befejező időpont a félárnyék érintésére vonatkozik, további adatként a teljes fogyatkozás időtartama, valamint annak a csillagképnek a neve szerepel, ahol a fogyatkozásban levő Hold Budapestről nézve tartózkodik.

A 2008-as év egyetlen napfogyatkozása is szerepel a jelenségnaptárban, a Budapestről látható első, illetve az utolsó érintés másodperc pontosságú időpontjai, valamint a fogyatkozás maximális nagysága.

A Hold mindössze egyetlen sűrű csillagfedését másodperc pontossággal adjuk meg, továbbá szerepel a fedendő csillag neve, fényessége, a Hold fázisa és a sűrű fedés helye Budapestre számítva.

A Hold a két legfényesebb nyílthalmazt, a Plejádokat és a Praesepét is többször elfedi 2008-ban. A fedések perc pontosságú előrejelzésén túl a jelenség közepén a fedéskori holdfázis, valamint a Hold horizont feletti magassága szerepel.

A Hold bolygófedései a szokásos módon Budapestre lettek kiszámítva. A bolygókorongok nyugati felének a be- és kilépése mellett megadjuk a Hold fázisát, a bolygó átmérőjét, fényességét, fázisát, a Hold horizont feletti magasságát az esemény közepén.

A Jupiter-holdak jelenségei közül azokat az eseményeket szerepeltetjük a táblázatban, amikor egy éjszaka során két hold-jelenség is lesz, valamint amikor a Jupiter korongján két hold árnyéka látszik.

A bolygók kölcsönös megközelítései közül azok kerültek be, amelyeknél 2,5 foknál kisebb a távolság az égitestek között, és a jelenség legalább egy része sötét égbolton figyelhető meg.

A Hold csillag- és bolygómegközelítései közül azokat az eseményeket szerepeltetjük, amelyeknél Budapestről nézve a Hold 5 foknál közelebb kerül egy bolygóhoz, illetve 1 fokon belül egy fényes csillaghoz. Ha nem éjszakai időszakra esik a megközelítés, akkor külön megadjuk a legkisebb szögtávolságot és annak időpontját.

A bolygók csillagfedései illetve -megközelítései közül az olyan események szerepelnek, amelyeknél Budapestről nézve egy bolygó egy szabad szemmel látható csillagtól 30'-en belül halad el, illetve egy 11,5 magnitúdónál fényesebb csillagot 60"-nél jobban megközelít. Külön említjük azokat a jelenségeket, amikor egy bolygó fényes Messier-objektum mellett halad el.

A kisbolygók csillag- illetve mélyégobjektum-megközelítései közül azok az események kaptak helyet, amelyeknél egy 12,0 magnitúdónál fényesebb kisbolygó egy 11 magnitúdónál fényesebb mélyég-objektumot, többnyire Messier-objektumot közelít meg.

A kötet cikkeit, beszámolókat közlő második felét is némiképp megújítottuk. Az utóbbi évek tapasztalatai alapján döntöttünk úgy, hogy a Csillagászat legújabb eredményei c. összeállítást megszüntetjük, helyette egy-egy részterületről közlünk közepes terjedelmű áttekintő cikkeit. Erre a döntésre ismét csak az utóbbi időszak kommunikációs forradalma készítetett bennünket. A legújabb csillagászati hírekről az interneten lényegesen gyorsabban lehet értesülni, emellett 2005 őszén a Magyar Csillagászati Egyesület is beindította hírportálját (hirek.csillagaszat.hu), melyen a legfontosabb, legérdekesebb újdonságok napokon belül elérhetők. Egyesületünk havonta megjelenő Meteor című folyóirata is igen sok csillagászati hírt, érdekességet közöl. A csillagászat híreihez tehát igen gyorsan hozzájuthatnak az érdeklődők, azonban mindenképp hasznos, ha az évkönyv áttekintő cikkeivel segíti az eligazodást az információk tengerében.

Évkönyvünk továbbra is közöl nagyobb terjedelmű cikkeit, melyek szerzői a téma ismert hazai művelői. A cikkekhez kapcsolódó táblázatokat – a korábbi gyakorlattól eltérően – nem a táblázatos részben, hanem a cikkbe illesztve találják meg Olvasóink.

Intézményi beszámolóknak továbbra is helyet adunk, azonban terjedelmüket szeretnénk némiképp csökkenteni az évkönyv további köteteiben.

Évkönyvünket tovább színesítettük: plusz négy oldal színes képmellékletet illesztettünk be, melyben most látványos asztrofotókat közlünk, ezúttal Digitális mélyégfotózás c. cikkünkhöz kapcsolódva.

Reméljük, hogy ezekkel a változtatásokkal sikerült egy „felhasználóbarátabb” csillagászati évkönyvet adnunk olvasóink kezébe. Természetesen a változtatásokkal, az óhatatlanul előforduló hibákkal, valamint a módosítási javaslatokkal kapcsolatosan – mint eddig, ezután is – kérjük, hogy keressék meg a kötet szerkesztőit az mcse@mcse.hu címen.

Csillagászati évkönyvünk kereskedelmi forgalomban is kapható, azonban minden olvasónknak ajánljuk, hogy közvetlenül a Magyar Csillagászati Egyesülettől szerezzék be (személyesen az óbudai Polaris Csillagvizsgálóban is megvásárolható). A legjobb megoldás azonban az, ha maguk is az MCSE tagjaivá válnak, ugyanis ez esetben tagilletményként egészen biztosan hozzájuthatnak kiadványunkhoz. Az egyesületi tagsággal kapcsolatos információk megtalálhatók egyesületi honlapunkon (www.mcse.hu).

Kalendáriumi - január

1999	2000	1999	2000	1999	2000
Jan	Feb	Jan	Feb	Jan	Feb
1	1	1	1	1	1
2	2	2	2	2	2
3	3	3	3	3	3
4	4	4	4	4	4
5	5	5	5	5	5
6	6	6	6	6	6
7	7	7	7	7	7
8	8	8	8	8	8
9	9	9	9	9	9
10	10	10	10	10	10
11	11	11	11	11	11
12	12	12	12	12	12
13	13	13	13	13	13
14	14	14	14	14	14
15	15	15	15	15	15
16	16	16	16	16	16
17	17	17	17	17	17
18	18	18	18	18	18
19	19	19	19	19	19
20	20	20	20	20	20
21	21	21	21	21	21
22	22	22	22	22	22
23	23	23	23	23	23
24	24	24	24	24	24
25	25	25	25	25	25
26	26	26	26	26	26
27	27	27	27	27	27
28	28	28	28	28	28
29	29	29	29	29	29
30	30	30	30	30	30
31	31	31	31	31	31

KALENDÁRIUM

1. Választás
 2. Államnévnap
 3. Államnévnap
 4. Államnévnap

$\lambda = 19^\circ, \varphi = 47,5^\circ$

Kalendárium – január

KÖZEI

dátum	Nap					Hold			fázis h m
	kel h m	delel, h m	nyugszik h m	h_d °	E_i m	kel h m	delel, h m	nyugszik h m	
1. hét									
1. k 1.	7 32	11 47	16 03	19,4	-3,1	0 48	6 10	11 22	
2. sz 2.	7 32	11 48	16 04	19,5	-3,5	1 55	6 52	11 40	
3. cs 3.	7 32	11 48	16 05	19,6	-4,0	3 03	7 36	12 01	
4. p 4.	7 32	11 49	16 06	19,7	-4,5	4 11	8 23	12 29	
5. sz 5.	7 32	11 49	16 07	19,8	-4,9	5 17	9 12	13 04	
6. v 6.	7 31	11 50	16 08	19,9	-5,4	6 18	10 04	13 50	
2. hét									
7. h 7.	7 31	11 50	16 09	20,0	-5,8	7 10	10 58	14 48	
8. k 8.	7 31	11 50	16 10	20,1	-6,3	7 52	11 51	15 55	● 12 37
9. sz 9.	7 31	11 51	16 11	20,3	-6,7	8 26	12 42	17 07	
10. cs 10.	7 30	11 51	16 13	20,4	-7,1	8 52	13 32	18 23	
11. p 11.	7 30	11 52	16 14	20,6	-7,5	9 13	14 19	19 38	
12. sz 12.	7 29	11 52	16 15	20,7	-7,9	9 31	15 05	20 53	
13. v 13.	7 29	11 52	16 17	20,9	-8,3	9 47	15 51	22 09	
3. hét									
14. h 14.	7 28	11 53	16 18	21,1	-8,7	10 04	16 37	23 26	
15. k 15.	7 28	11 53	16 19	21,2	-9,1	10 22	17 25	-	● 20 46
16. sz 16.	7 27	11 54	16 21	21,4	-9,4	10 43	18 17	0 45	
17. cs 17.	7 26	11 54	16 22	21,6	-9,8	11 10	19 13	2 08	
18. p 18.	7 26	11 54	16 23	21,8	-10,1	11 47	20 14	3 32	
19. sz 19.	7 25	11 55	16 25	22,0	-10,4	12 36	21 17	4 51	
20. v 20.	7 24	11 55	16 26	22,2	-10,7	13 41	22 21	6 00	
4. hét									
21. h 21.	7 23	11 55	16 28	22,4	-11,0	14 58	23 23	6 53	
22. k 22.	7 22	11 55	16 29	22,6	-11,3	16 20	-	7 32	○ 14 35
23. sz 23.	7 21	11 56	16 31	22,9	-11,6	17 41	0 19	8 01	
24. cs 24.	7 20	11 56	16 32	23,1	-11,8	18 59	1 11	8 23	
25. p 25.	7 19	11 56	16 34	23,3	-12,1	20 12	1 58	8 40	
26. sz 26.	7 18	11 56	16 35	23,6	-12,3	21 23	2 42	8 56	
27. v 27.	7 17	11 57	16 37	23,8	-12,5	22 32	3 24	9 11	
5. hét									
28. h 28.	7 16	11 57	16 38	24,1	-12,8	23 40	4 05	9 27	
29. k 29.	7 15	11 57	16 40	24,4	-12,9	-	4 47	9 43	
30. sz 30.	7 14	11 57	16 41	24,6	-13,1	0 48	5 30	10 03	● 6 03
31. cs 31.	7 13	11 57	16 43	24,9	-13,3	1 56	6 16	10 28	

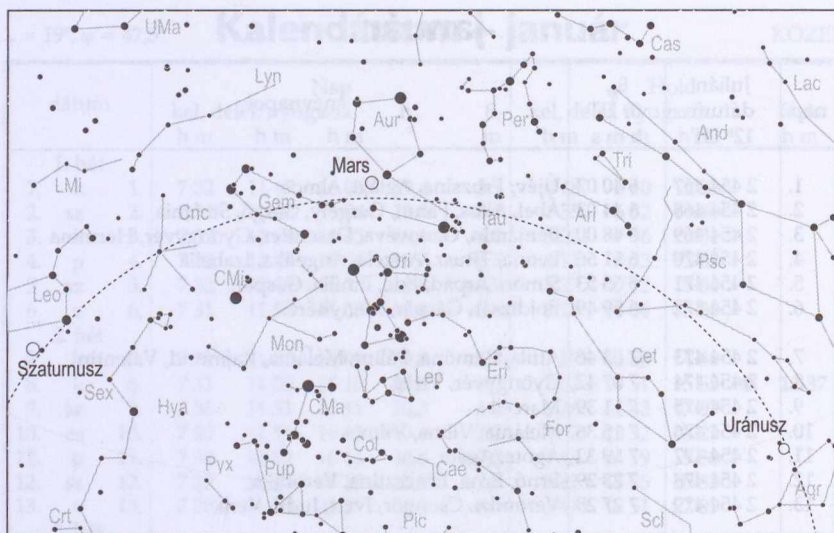
január

nap	Julián dátum 12 ^h UT	θ_{gr} 0 ^h UT h m s	névnapok
1.	2 454 467	6 40 07	Újév; Fruzsina, Aglája, Álmos
2.	2 454 468	6 44 03	Ábel, Ákos, Fanni, Gergely, Gergő, Stefánia
3.	2 454 469	6 48 00	Benjámin, Genovéva, Dzszenifer, Gyöngyvér, Hermina
4.	2 454 470	6 51 56	Leona, Títusz, Angéla, Angelika, Izabella
5.	2 454 471	6 55 53	Simon, Árpád, Ede, Emília, Gáspár
6.	2 454 472	6 59 49	Boldizsár, Gáspár, Menyhért
7.	2 454 473	7 03 46	Attila, Ramóna, Bálint, Melánia, Rajmund, Valentin
8.	2 454 474	7 07 42	Gyöngyvér, Virág
9.	2 454 475	7 11 39	Marcell
10.	2 454 476	7 15 36	Melánia, Vilma, Vilmos
11.	2 454 477	7 19 32	Ágota, Agáta
12.	2 454 478	7 23 29	Ernő, Erna, Ernesztina, Veronika
13.	2 454 479	7 27 25	Veronika, Csongor, Ivett, Judit, Vera
14.	2 454 480	7 31 22	Bódog
15.	2 454 481	7 35 18	Loránd, Lóránt, Alfréd, Pál, Sándor
16.	2 454 482	7 39 15	Gusztáv, Fanni, Henrik, Marcell, Ottó, Stefánia
17.	2 454 483	7 43 11	Antal, Antónia, Leonetta, Roxána
18.	2 454 484	7 47 08	Piroska, Aténé, Beatrix, Margit, Pál
19.	2 454 485	7 51 05	Sára, Márió, Margit, Márta, Sarolta, Veronika
20.	2 454 486	7 55 01	Fábián, Sebestyén, Szabaszián, Tímea
21.	2 454 487	7 58 58	Ágnes
22.	2 454 488	8 02 54	Vince, Artúr, Artemisz, Cintia, Dorián
23.	2 454 489	8 06 51	Zelma, Rajmund, Emese, János, Mária
24.	2 454 490	8 10 47	Timót, Erik, Erika, Ferenc, Vera, Veronika, Xénia
25.	2 454 491	8 14 44	Pál, Henriett, Henrietta, Henrik, Péter
26.	2 454 492	8 18 40	Vanda, Paula, Titanilla
27.	2 454 493	8 22 37	Angelika, Angéla, János
28.	2 454 494	8 26 34	Károly, Karola, Ágnes, Amália, Apollónia, Margit, Péter
29.	2 454 495	8 30 30	Adél, Etelka, Ferenc
30.	2 454 496	8 34 27	Martina, Gerda, Gellért
31.	2 454 497	8 38 23	Marcella, János, Lujza, Péter

6. Vízkereszt

9. Az iszlám naptár 1429. évének kezdete napnyugtakor

14. A Julián-naptár szerinti újév napja



A déli égbolt január 15-én 20:00-kor (KÖZEI)

Bolygók

Merkúr: A hónap közepétől látható a délnyugati égbolt alján. A hónap második fele igen alkalmas időszak az esti megfigyelésére. 22-én van legnagyobb keleti kitérésben, $18,6^\circ$ -ra a Naptól. Ekkor több mint másfél órával nyugszik a Nap után.

Vénusz: A hajnali égbolt legfényesebb égiteste. Egyre alacsonyabban látszik, lassan romló láthatósággal. Hónap elején három órával, a végén egy és háromnegyed órával kel a Nap előtt. Fényessége -4^m0 -ról -3^m9 -ra, átmérője $15''$ -ről $13''$ -re csökken, fázisa $0,75$ -ről $0,84$ -ra nő.

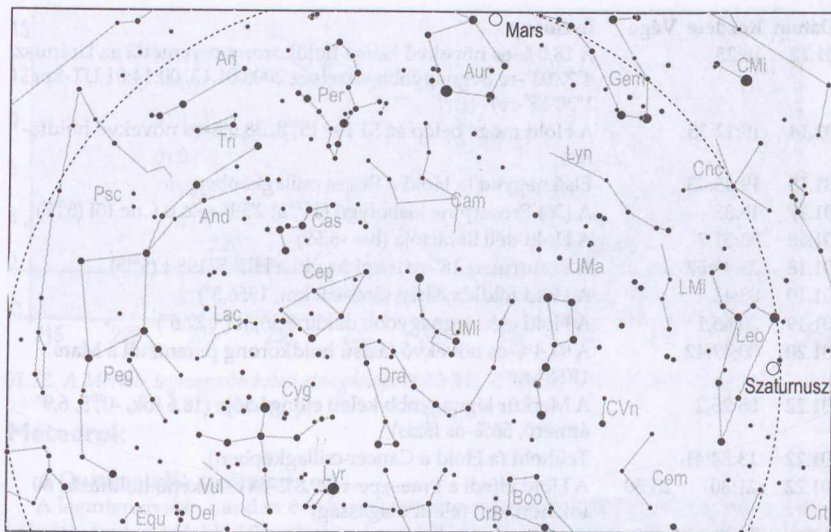
Mars: Hátráló mozgást végez az Ikrek, majd a Bika csillagképben, melyet a hónap legvégén fejez be. Az éjszaka nagy részében feltűnően látszik, a kora hajnali órákban nyugszik. Fényessége gyorsan csökken -1^m5 -ről -0^m6 -ra, átmérője $15''$ -ről $12''$ -re változik.

Jupiter: A hónap második felében már látható a hajnali szürkületben a délkeleti látóhatár fölött, a Nyilas csillagképben. Hó elején még fél, a végén két órával kel a Nap előtt. Fényessége -1^m8 átmérője $32''$.

Szaturnusz: Késő este kel, az Oroszlán csillagképben hátrál. Az éjszaka nagy részében látható. Fényessége 0^m4 átmérője $19''$.

Uránusz: Az esti órákban figyelhető meg a Vízöntő csillagképben. Késő este nyugszik.

Neptunusz: A hónap első felében még kereshető az esti szürkületben, a Bak csillagképben.

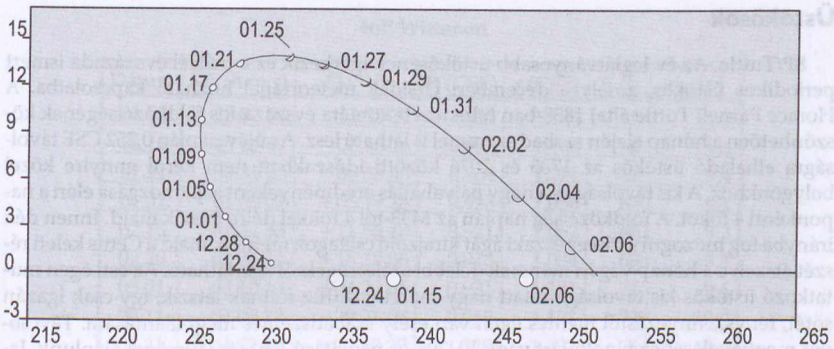


Az északi égbolt január 15-én 20:00-kor (KÖZEI)

Eseménynaptár

Dátum	Kezdeté	Vége	Esemény
01.01	08:34,9		A Hold minimális librációja ($l = 3,64$, $b = 5,34$)
01.01	16:16		A (24) Themis kisbolygó (11^m2) áthalad az M44 (Praesepe, NGC 2632, 3^m1) nyílthalmazon (2007.12.28–2008.01.05 között)
01.01	16:16		A (24) Themis kisbolygó (11^m2) $2'07''$ -re az ϵ Cnc-től (6^m3 , M44 halmaztag)
01.02	23:51,5		A Föld napközében (0,9832801 CSE)
01.03	08:10,9		A Hold földtávolban (405 294 km, $1769,0''$)
01.04	04:41		A (41) Daphne kisbolygó (11^m7) $9,3''$ -re az NGC 4699 (9^m6) jelű galaxistól
01.04	12:26,1		A Hold északi librációja ($b = 6,73$)
01.06	05:18		A Vénusz $22'19''$ -re megközelíti a ψ Oph-t (legkisebb távolság 01:44:20 UT-kor $19'32''$)
01.06	09:49,7		A Hold eléri legkisebb deklinációját ($-28,8^\circ$)
01.08	11:37:13		Újhold (a Hold a Sagittarius csillagképben)
01.09	15:11		Az 1,4%-os növekvő fázisú holdkorong peremétől a Merkúr $1^\circ01'53''$ -re (legnagyobb közelség 17:36:28 UT-kor $26'48''$ -re)
01.09	15:47		28 ó 10 p-es holdsarló $2,1$ fok magasan az esti égen
01.11	21:15,5		A Hold nyugati librációja ($l = -5,24$)

Dátum	Kezdet	Vége	Esemény
01.12	16:25		A 18,0%-os növekvő fázisú holdkorong peremétől az Uránusz 4°22'03"-re (legnagyobb közelség 2008.01.13, 00:14:01 UT-kor 1°38'45"-re)
01.14	19:12:35		A Hold mögé belép az 51 Psc (5 ^m 8, 38,6%-os növekvő holdfázis)
01.15	19:45:43		Első negyed (a Hold a Pisces csillagképben)
01.17	16:33		A (26) Proserpina kisbolygó (11 ^m 2) 2'39"-re a ψ Cnc-től (5 ^m 7)
01.18	03:51,7		A Hold déli librációja (b= -6,69)
01.18	23:49:57		A Szaturnusz 18"-re megközelíti a HIP 52198-t (9 ^m 5)
01.19	08:43,4		A Hold földközélen (366 460 km, 1956,5")
01.19	20:45,1		A Hold eléri legnagyobb deklinációját (+27,6°)
01.20	00:47:42		A 91,4%-os növekvő fázisú holdkorong peremétől a Mars 19'58"-ra
01.22	05:25,2		A Merkúr legnagyobb keleti elongációja (18,6 fok, -0 ^m 5, 6,9" átmérő, 56%-os fázis)
01.22	13:34:41		Telihold (a Hold a Cancer csillagképben)
01.22	21:30	23:50	A Hold elfedi a Praesepe-t (99,8%-os csökkenő holdfázis, 60 fok horizont feletti magasság)
01.23	00:57,5		A Hold minimális librációja (l= 4,99, b= -2,22)
01.23	14:16		A Merkúr dichotómiája (50,0%-os fázis)
01.24	19:33:05		A Mars 32"-re megközelíti a TYC 1856-00176-1 jelű csillagot (9 ^m 5)
01.24	22:13,8		A Hold keleti librációja (l= 5,65)
01.24		23:24:59	A Hold mögül kilép a 44 Leo (5 ^m 6, 93,1%-os csökkenő holdfázis)
01.25	00:39,3		A (88) Thisbe kisbolygó (200 km, 12 ^m 5) elfedi a TYC 6120-00274-1 jelű csillagot (10 ^m 5, max. fedés 16,8 mp)
01.25		02:36:26	Az 92,4%-os csökkenő fázisú holdkorong peremétől a Szaturnusz 3°05'50"-re
01.26		02:37:32	A Hold mögül kilép a 75 Leo (5 ^m 2, 86,0%-os csökkenő holdfázis)
01.26		04:01:48	A Hold mögül kilép a 76 Leo (5 ^m 9, 85,5%-os csökkenő holdfázis)
01.29		04:03:38	A Hold mögül kilép a 75 Vir (5 ^m 5, 59,8%-os csökkenő holdfázis)
01.29	16:58		A (1) Ceres törpebolygó (8 ^m 1) 2'40"-re a 38 Ari-től (5 ^m 2)
01.30	05:02:55		Utolsó negyed (a Hold a Virgo csillagképben)
01.31	04:26,5		A Hold földtávolban (404 491 km, 1772,5")
01.31	18:13,9		A Hold északi librációja (b= 6,86)



01.22. A Merkúr legnagyobb keleti elongációja (18,6 fok, $-0^m,5$, 6,9" átmérő, 56%-os fázis)

Meteorok

A Quadrantidák meteorraj

A legintenzívebb, minden évben visszatérő meteorraj január legelső napjaiban jelent szép látványt az érdeklődők számára. A rajt 1825-ben fedezte fel Antonio Brucalassi. Azért nevezték el Quadrantidáknak, mert a 19. században némely csillagatlaszban a Hercules, Bootes és Draco csillagképek között volt még egy csillagkép, melyet Quadrans Muralisnak neveztek. A mai csillagterképeken ezt a csillagképet (több más társával egyetemben) már nem jelölik. A legutóbbi évekig úgy gondolták, hogy egy régi, pályáján nagyon szétszóródott áramlattal van dolgunk. Azonban néhány évvel ezelőtt azt feltételezték a megfigyelési adatok alapján, hogy a raj csak kb. 500 éves. Ez azt jelenti, hogy a szülőobjektum (amiből a meteoroid-részecskék keletkeznek) még mindig a törmelék között található. Peter Jenniskens azt találta, hogy a raj a 2003 EH1 kisbolygótól származik. Ezt a kisbolygót a LONEOS program fedezte fel 2003. március 6-án. A szinte azonos pályaelemek, az üstököszerű pálya valószínűsíti, hogy tényleg ez a kisbolygóként katalogizált objektum lehet a raj szülőégitestje. Feltehetően a 2003 EH1 egy éppen inaktív fázisban lévő üstökös, hiszen egy kisbolygó – jelenlegi tudásunk szerint – nem képes szétszórni anyagát a pályája mentén. A raj január 1–5. között jelentkezik, maximuma január 4-én helyi idő szerint reggel 6 és 7 óra között lesz. A rádius a Bootes csillagkép közelében található, így egész éjszaka látható. A reggeli órákban van égi pályájának legmagasabb pontján. A hajnali vékony holdsarló nem nagyon zavarja a megfigyelését. A rajtagok fényesek, kékesfehér színűek és gyorsak. A fényesebb vizuális és fotografikus rajtagok előtt 14 órával egy halvány meteoroidokból álló porfelhő keresztezi a Föld pályáját, mely teleszkopikus és rádiós maximumot okoz. 2000 óta néha előfordul, hogy a vizuális maximum után 9–12 órával egy – elsődlegesen rádiós módszerrel észlelhető – csúcs is következik. A maximum általában rövid ideig, 1–2 órán át tart. Ekkor kb. 80–100 meteor figyelhető meg óránként az egész égbolton. Előtte és utána már csak néhány látható. 1992-ben kiemelkedő maximumot figyeltek meg, amikor is a meteorok óránkénti száma elérte a 180-at.

Üstökösök

8P/Tuttle. Az év leglátványosabb üstökösének ígérkezik ez a másfél évszázada ismert periodikus üstökös, amely a decemberi Ursidák meteorrajjal hozható kapcsolatba. A Horace Parnell Tuttle által 1858-ban felfedezett kométa évszázados földközelségének köszönhetően a hónap elején szabad szemmel is látható lesz. Az újév napján 0,252 CSE távolságra elhaladó üstökös az 1735 és 2076 közötti időszakban nem kerül ennyire közel bolygónkhoz. A kis távolság és a nagy pályahajlás eredményeként sajátmozgása eléri a naponkénti 4 fokot. A földközelség napján az M33-tól 4 fokkal délre látszik majd. Innen déli irányba fog mozogni a Pisces északi ágát kirajzoló csillagok mentén, majd a Cetus keleti részét átszelve a hónap végén már csak délebbi szélességekről lesz látható. Az esti égen mutatkozó üstökös kis távolsága miatt nagy méretű, diffúz foltnak látszik, így csak igazán sötét, fényzennyezéstől mentes égen van esély szabadszemes megpillantására. Távcsőves megfigyeléséhez binokulárt vagy 10–20x-os nagyítású lencses távcövet ajánlunk. Január 3-án este 2 fokkal keletre látszik majd az M77-től.

46P/Wirtanen. A februári nap- és földközelsége felé közeledő üstökös az esti égen látható. A hónap folyamán az Aquarius, a Pisces és a Cetus csillagképek területén figyelhetjük meg, 10 magnitúdó körüli fényességénél.

Üstököskoordináták:

8P/Tuttle

Dátum	RA (h m s)	D (° ' ")	R (CSE)	r (CSE)	E (°)	m_v (m)
01.01.	01 36 15	+26 15 42	0,253	1,101	111	5,9
01.02.	01 39 56	+22 10 25	0,253	1,096	110	5,8
01.03.	01 43 28	+18 05 28	0,254	1,091	109	5,8
01.04.	01 46 53	+14 03 24	0,256	1,086	107	5,8
01.05.	01 50 10	+10 06 39	0,259	1,081	105	5,7
01.06.	01 53 20	+06 17 16	0,264	1,076	104	5,7
01.07.	01 56 24	+02 36 54	0,269	1,072	102	5,8
01.08.	01 59 21	-00 53 11	0,276	1,068	100	5,8
01.09.	02 02 13	-04 12 13	0,284	1,064	99	5,8
01.10.	02 05 00	-07 19 47	0,292	1,060	97	5,8
01.11.	02 07 41	-10 15 49	0,302	1,056	96	5,9
01.12.	02 10 17	-13 00 30	0,312	1,053	94	5,9
01.13.	02 12 49	-15 34 11	0,323	1,049	93	6,0
01.14.	02 15 16	-17 57 25	0,334	1,046	91	6,0
01.15.	02 17 40	-20 10 47	0,346	1,044	90	6,1
01.16.	02 19 59	-22 14 55	0,358	1,041	89	6,1
01.17.	02 22 14	-24 10 28	0,370	1,039	88	6,2
01.18.	02 24 26	-25 58 04	0,383	1,036	87	6,2
01.19.	02 26 35	-27 38 22	0,396	1,034	86	6,3
01.20.	02 28 40	-29 11 55	0,410	1,033	85	6,3

46P/Wirtanen

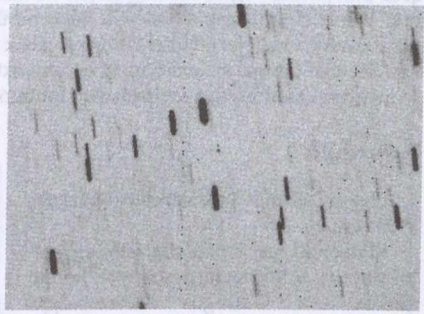
Dátum	RA (h m s)	D (° ' ")	R (CSE)	r (CSE)	E (°)	m_v (m)
01.01.	23 33 04	-11 58 39	1,023	1,144	70	9,9
01.11.	00 00 47	-06 46 46	0,994	1,100	68	9,6
01.21.	00 31 22	-00 58 43	0,964	1,071	67	9,4
01.31.	01 05 07	+05 19 28	0,938	1,058	67	9,2
02.10.	01 42 33	+11 55 13	0,921	1,062	68	9,2
02.20.	02 24 11	+18 27 06	0,918	1,084	69	9,3
03.01.	03 10 14	+24 26 06	0,931	1,121	71	9,6
03.11.	04 00 17	+29 21 44	0,965	1,171	73	10,0
03.21.	04 52 46	+32 50 29	1,020	1,232	75	10,4
03.31.	05 45 12	+34 43 56	1,096	1,301	77	10,9
04.10.	06 35 02	+35 10 01	1,191	1,376	77	11,5
04.20.	07 20 32	+34 27 02	1,304	1,456	77	12,0
04.30.	08 01 01	+32 55 45	1,431	1,539	76	12,6

Kisbolygók

(1) **Ceres.** Az első számú kisbolygó (jelenlegi besorolással törpebolygó) 2008-ban nem kerül szembenállásba, ám az év elején még könnyen megfigyelhető közvetlenül a Cet feje felett, majd az Aries déli részén. A lassan mozgó, 8,5 magnitúdós törpebolygó 29-én este alig 2 ívpercre megközelíti az 5,2 magnitúdós 38 Arietist.

(15) **Eunomia.** A δ Geminorum-tól északra figyelhetjük meg ezt a 8,5 magnitúdós aszteroidát, melynek szembenállására január 10-én kerül sor. Három nappal később 9 ívperccel északra halad el a 6,2 magnitúdós 58 Geminorum-tól.

2005 WJ56. Ez a pár éve felfedezett, 1 km átmérőjű kisbolygó 11 hónap alatt kerül meg a Napot, vagyis a földközeli kisbolygók Aten-csoportjába tartozik. Napközelsége felé haladva január 10-én déltájban a lehetséges legkisebb távolságban, 0,028 CSE-re, vagyis alig 4 millió km-re halad el bolygónktól. Ekkor fényessége eléri a 11,4 magnitúdót, miközben egy nap alatt 12 fokot tesz meg egünkön. Előző este a Bika szarvai közt láthatjuk, míg 10/11-én már az Orion karja mellett húz el. Nagyon látványosnak ígérkezik a 8/9-ei éjszaka, amikor kicsivel éjfél előtt elhalad az Auriga két nevezetes nyílthalmaza, az M36 és az M38 között, majd hajnali 1-kor keresztülvágtat az NGC 1931 jelű, ködbe ágyazott nyílthalmazon. Mivel ezeken túl is több érdekes együttállása lesz, egy kis táblázatot készítettünk a tőlünk is megfigyelhető eseményekről.



A 2005 WJ56 jelű kisbolygó halvány fénypontja 2006. január 23-án az MTA KTM CSKI piszkés-tetői 60 cm-es Schmidt-távcsövével fotografálva. A felvétel 12 darab 1 perces CCD kép összege (Sárnecky K., SZTE)

Nap	óra (KÖZEI)	objektum	objektum fényessége	kisbolygó fényessége	távolság (ívperc)	kisbolygó iránya
1.	01	NGC 2787 (GX)	11,0	14,0	12	É
6.	00	15 Lyncis	4,4	12,4	12	ÉNy
7.	21	π Aurigae	4,3	11,7	10	K
8.	00	β Aurigae	1,9	11,7	14	Ny
8.	17	Stock 10 (NY)	-	11,5	5	K
9.	01	NGC 1931 (NY+DF)	10,0	11,4	0	
10.	02	105 Tauri	5,8	11,5	7	K
10.	04	106 Tauri	5,3	11,5	17	Ny
11.	01	π_2 Orionis	4,4	11,7	19	Ny

A Mira Ceti maximuma

Az o Ceti (Mira, azaz „csodálatos”) 420 fényévnyre található csillag, a hosszú periódusú pulzáló vörös óriások legmarkánsabb fényváltozású típusának névadó objektuma. Fényessége jellemzően 3 és 9 magnitúdó között ingadozik (időnként azonban akár 2 magnitúdóig is felfényesedhet), átlagos periódusa pedig 332 nap. Pulzációja során a csillag periodikusan kitágul és összehúzódik 400 és 500 napátmérő (560 és 700 millió km) között. 2008-ban január végén, február elején várható maximuma, amikor hetekig szabad szemmel is észlelhető lesz. Mellékelt térképünkön a csillagok mellett számok a tizedmagnitúdóban kifejezett fényességeket jelzik (pl. a δ Cet 41, azaz 4,1 magnitúdós). Hetente egy-két alkalommal érdemes megbecsülni aktuális fényességét, amiből a láthatóság végére megszerkeszthetjük a változásokat mutató fénygörbét.

Évforduló

Berkes Zoltán: 100 éve született (Budapest, 1908. jan. 9.)

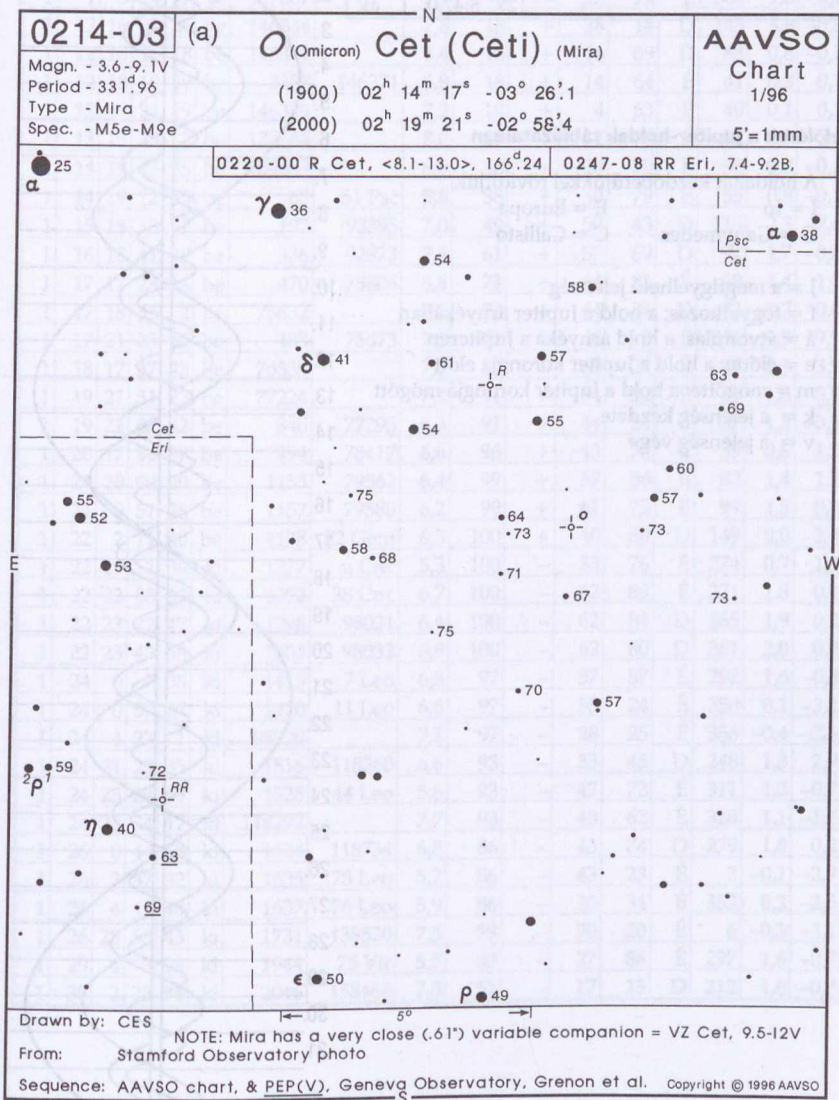
Meteorológus, éghajlatkutató, egyetemi docens, a földrajztudományok kandidátusa. Az Országos Meteorológiai Szolgálat osztályvezetője. A Pázmány Péter Tudományegyetemen szerzett diplomát, 1934-től 1963-ig az OMI munkatársa. Előbb a sarki fény gyakoriságával és a naptevékenységgel foglalkozott, majd a kozmikus légköri hatásokat és azok periodicitását vizsgálta (naptevékenység, Hold fényváltozása stb.). E téren úttörő munkát végzett. 1945-ben megindította a rendszeres napfoltmegfigyeléseket, amelyeket két évtizeden át folytatott. Tanulmányai főként az Időjárásban és az OMI évi beszámolóiban jelentek meg. 1993. augusztus 23-án halt meg Budapesten.



Berkes Zoltán (forrás: Országos Meteorológiai Szolgálat képtárára, Dr. Ambrózy Pál szíveségéből, Tóth Zoltán közreműködésével)

Fő m.: A naptevékenység és az időjárás. Idő. 1946. – A naptevékenység hatása a légnyomás eloszlására, U.o. 1964/1. – A Hold fényváltozásának jelentkezése... Beszámoló, 1953. – Kozmikus hatások az alsóbb légkörben. MTA Föld- és Bányászati Oszt. Közleményei, 1970/1-3. – Éghajlat változás – éghajlat ingadozás, Bp. 1954.

Biogr.: Ambrózy-Szabó: Interjú, Légkör 1984/3. – Magyarok.



A Hold csillagfedései januárban

Dátum		UT			J	Csillag			Hold			C	PA	A	B	
hó	nap	h	m	s		ZC No	SAO	m	fázis	h	m/o					m/o
1	1	3	4	37	ki	157687		7,9	42	-	25	74	É	308	1,0	-0,1
1	12	16	27	36	be	146344		7,8	18	+	28	14	D	143	3,6	-5,6
1	12	18	15	18	be	146374		8,4	18	+	14	89	D	68	0,6	-0,7
1	12	18	19	39	be	3357	146371	6,9	18	+	14	64	É	41	0,3	0,1
1	12	19	24	19	be	146389		7,2	18	+	4	63	É	40	0,1	0,1
1	13	19	48	2	be	128354		8,0	28	+	12	76	É	52	0,3	-0,3
1	14	19	12	35	be	109263		8,0	38	+	30	79	É	55	0,8	-0,1
1	14	19	12	35	be	68	51 Psc	5,8	38	+	30	79	É	55	0,8	-0,1
1	15	18	3	27	be	197	92395	7,0	49	+	50	43	D	115	2,3	-2,6
1	16	18	41	38	be	336	92873	7,4	61	+	57	69	D	92	1,7	-0,8
1	17	17	25	18	be	470	75806	6,8	71	+	64	81	É	68	1,4	1,1
1	17	18	53	2	be	75832		7,3	72	+	64	84	D	83	1,7	0,0
1	17	21	23	19	be	483	75873	7,5	72	+	46	8	É	356	9,9	9,9
1	18	17	37	43	be	76530		7,8	81	+	62	24	É	18	0,3	3,9
1	19	21	51	27	be	77224		7,4	91	+	64	52	É	55	1,8	0,9
1	19	23	58	42	be	840	77295	6,3	91	+	44	54	É	57	1,3	-0,2
1	20	17	34	37	be	994	78417	6,6	96	+	43	78	É	89	0,8	1,3
1	21	20	20	29	be	1155	79562	6,4	99	+	57	56	É	82	1,4	1,2
1	21	20	51	26	be	1157	79580	6,2	99	+	61	73	É	99	1,5	0,3
1	22	2	11	40	be	1178	82 Gem	6,3	100	+	40	60	D	149	0,0	-2,4
1	22	19	1	39	ki	1277	η Cnc	5,3	100	-	33	76	É	274	0,7	1,3
1	22	22	58	33	ki	1292	38 Cnc	6,7	100	-	62	89	É	271	1,8	0,1
1	22	23	22	47	ki	1298	98021	6,4	100	-	62	84	D	265	1,9	0,2
1	22	23	43	38	ki	1303	98032	6,8	100	-	62	80	D	261	2,0	0,2
1	24	0	7	38	ki	1415	7 Leo	6,3	97	-	57	87	É	292	1,6	-0,8
1	24	0	57	27	ki	1420	11 Leo	6,6	97	-	55	24	É	356	0,1	-3,2
1	24	4	27	1	ki	98730		7,1	97	-	28	25	É	356	-0,4	-2,6
1	24	21	29	35	ki	1516	118260	6,6	93	-	33	45	D	248	1,3	2,9
1	24	23	24	59	ki	1525	44 Leo	5,6	93	-	47	72	É	311	1,2	-0,7
1	24	23	34	17	ki	118292		7,7	93	-	48	63	É	320	1,1	-1,1
1	26	0	44	58	ki	1624	118734	6,8	86	-	43	74	D	279	1,8	0,2
1	26	2	37	32	ki	1635	75 Leo	5,2	86	-	43	23	É	3	-0,1	-2,9
1	26	4	1	48	ki	1637	76 Leo	5,9	86	-	35	34	É	352	0,2	-2,5
1	26	23	58	45	ki	1731	138520	7,5	79	-	30	20	É	6	-0,3	-3,1
1	29	4	3	38	ki	1944	75 Vir	5,5	60	-	27	86	É	297	1,6	-0,7
1	30	2	23	34	ki	2046	158468	7,0	51	-	17	13	D	212	1,6	-0,7

$\lambda = 19^\circ, \varphi = 47,5^\circ$

Kalendárium – február

KÖZEI

dátum	Nap					Hold			fázis h m
	kel h m	delel h m	nyugszik h m	h_d °	E_i m	kel h m	delel h m	nyugszik h m	
5. hét									
1. p 32.	7 11	11 58	16 44	25,2	-13,4	3 03	7 04	11 00	
2. sz 33.	7 10	11 58	16 46	25,4	-13,6	4 06	7 55	11 41	
3. v 34.	7 09	11 58	16 47	25,8	-13,7	5 02	8 48	12 34	
6. hét									
4. h 35.	7 07	11 58	16 49	26,0	-13,8	5 49	9 41	13 38	
5. k 36.	7 06	11 58	16 51	26,3	-13,9	6 25	10 34	14 49	
6. sz 37.	7 05	11 58	16 52	26,6	-14,0	6 54	11 25	16 05	
7. cs 38.	7 03	11 58	16 54	26,9	-14,1	7 17	12 14	17 22	● 4 44
8. p 39.	7 02	11 58	16 55	27,3	-14,1	7 37	13 01	18 39	
9. sz 40.	7 00	11 58	16 57	27,6	-14,2	7 54	13 48	19 56	
10. v 41.	6 59	11 58	16 58	27,9	-14,2	8 11	14 34	21 14	
7. hét									
11. h 42.	6 57	11 58	17 00	28,2	-14,2	8 28	15 23	22 34	
12. k 43.	6 56	11 58	17 02	28,5	-14,3	8 49	16 13	23 56	
13. sz 44.	6 54	11 58	17 03	28,9	-14,2	9 14	17 08	-	
14. cs 45.	6 52	11 58	17 05	29,2	-14,2	9 46	18 06	1 19	● 4 33
15. p 46.	6 51	11 58	17 06	29,6	-14,2	10 30	19 08	2 39	
16. sz 47.	6 49	11 58	17 08	29,9	-14,2	11 27	20 10	3 50	
17. v 48.	6 47	11 58	17 09	30,2	-14,1	12 38	21 11	4 47	
8. hét									
18. h 49.	6 46	11 58	17 11	30,6	-14,0	13 57	22 08	5 30	
19. k 50.	6 44	11 58	17 12	30,9	-13,9	15 17	23 00	6 01	
20. sz 51.	6 42	11 58	17 14	31,3	-13,9	16 36	23 48	6 25	
21. cs 52.	6 41	11 58	17 16	31,7	-13,8	17 51	-	6 45	○ 4 30
22. p 53.	6 39	11 58	17 17	32,0	-13,6	19 03	0 33	7 01	
23. sz 54.	6 37	11 57	17 19	32,4	-13,5	20 13	1 16	7 16	
24. v 55.	6 35	11 57	17 20	32,7	-13,4	21 22	1 58	7 32	
9. hét									
25. h 56.	6 33	11 57	17 22	33,1	-13,2	22 31	2 40	7 48	
26. k 57.	6 32	11 57	17 23	33,5	-13,1	23 40	3 24	8 06	
27. sz 58.	6 30	11 57	17 25	33,8	-12,9	-	4 08	8 29	
28. cs 59.	6 28	11 57	17 26	34,2	-12,7	0 48	4 56	8 58	
29. p 60.	6 26	11 56	17 28	34,6	-12,6	1 53	5 45	9 35	● 3 18

február

nap	Julián dátum 12 ^h UT	θ_{gr} 0 ^h UT h m s	névnapok
1.	2 454 498	8 42 20	Ignác, Brigitta, Kincső
2.	2 454 499	8 46 16	Karolina, Aida, Johanna, Mária
3.	2 454 500	8 50 13	Balázs, Oszkár
4.	2 454 501	8 54 09	Ráhel, Csenge, András, Andrea, Róbert, Veronika
5.	2 454 502	8 58 06	Ágota, Ingrid, Agáta, Alida, Etelka, Kolos
6.	2 454 503	9 02 03	Dorottya, Dóra, Amanda, Dorina, Dorka, Réka
7.	2 454 504	9 05 59	Tódor, Rómeó, Richárd
8.	2 454 505	9 09 56	Aranka, János, Zsaklin
9.	2 454 506	9 13 52	Abigél, Alex, Apollónia, Erik, Erika
10.	2 454 507	9 17 49	Elvira, Ella, Pál, Vilmos
11.	2 454 508	9 21 45	Bertold, Marietta, Dezső, Elek, Mária, Titanilla
12.	2 454 509	9 25 42	Lívia, Lídia, Lilla
13.	2 454 510	9 29 38	Ella, Linda, Gergely, Gergő, Katalin, Leila, Levente
14.	2 454 511	9 33 35	Bálint, Valentin
15.	2 454 512	9 37 32	Kolos, Georgina, Alfréd, Gina, Györgyi
16.	2 454 513	9 41 28	Julianna, Lilla, Dániel, Illés, Sámuel
17.	2 454 514	9 45 25	Donát, Alex, Elek
18.	2 454 515	9 49 21	Bernadett, Simon
19.	2 454 516	9 53 18	Zsuzsanna, Eliza, Elizabet
20.	2 454 517	9 57 14	Aladár, Álmos, Elemér, Leona
21.	2 454 518	10 01 11	Eleonóra, György, Leona, Leonóra, Nóra, Péter
22.	2 454 519	10 05 07	Gerzson, Gréta, Margit, Pál, Péter
23.	2 454 520	10 09 04	Alfréd, Ottó, Péter
24.	2 454 521	10 13 01	Szökőnap
25.	2 454 522	10 16 57	Mátyás, Darinka, Hedvig, János
26.	2 454 523	10 20 54	Géza, Vanda
27.	2 454 524	10 24 50	Edina, Alexander, Géza, Győző, Izabella, Sándor, Viktor
28.	2 454 525	10 28 47	Ákos, Bátor, Antigoné, Gábor, László
29.	2 454 526	10 32 43	Elemér, Antónia

7. A kínai naptár 4645. évének kezdete

Dátum	Kezdet	Vége	Esemény
02.15		04:44	A Jupiter 3'42"-re megközelíti a ν Sgr-t (legkisebb távolság 02:09:10 UT-kor 3'29")
02.15	19:51,4		A Hold eléri legnagyobb deklinációját (+27,5°)
02.21	01:42:57	05:09:04	Teljes holdfogyatkozás (51 percig teljes, nagysága 1,112, a Hold a Leo csillagképben)
02.21	03:30:33		Telihold (a Hold a Leo csillagképben)
02.21	03:40,0		A Hold keleti librációja ($l=4,75$)
02.21		03:59	A (17) Thetis kisbolygó (12 ^m 5) 8,0'-re az M23 (NGC 6494, 5 ^m 5) nyílthalmaztól
02.21		04:34	A 100,0%-os csökkenő fázisú holdkorong peremétől a Szaturnusz 4°18'18"-re
02.22		04:42:39	A Hold mögül kilép az 58 Leo (4 ^m 8, 98,8%-os csökkenő holdfázis)
02.22		21:47:34	A Hold mögül kilép az ν Leo (4 ^m 3, 96,6%-os csökkenő holdfázis)
02.24	09:44,8		A Szaturnusz oppozícióban (20,0", 0 ^m 6, Leo csillagkép)
02.26	00:37,0		A (100) Hekate kisbolygó (89 km, 12 ^m 8) elfedi a TYC 0856-00523-1 jelű csillagot (11 ^m 4, max. fedés 6,2 mp)
02.27		05:00	Napkelte előtt a Merkúr és a Vénusz egymástól 1°08'08"-re vannak, (legkisebb távolság 08:30:24 UT-kor 1°07'59")
02.28	01:24,6		A Hold földtávolban (404 403 km, 1772,9")
02.28	01:25,5		A Hold északi librációja ($b=6,87$)
02.28	07:58		A Merkúr dichotómiája (50,0% fázis)
02.29	02:18:22		Utolsó negyed (a Hold a Scorpius csillagképben)
02.29	05:10:23		A Hold mögé belép a τ Sco (2 ^m 8, 48,9%-os csökkenő holdfázis)

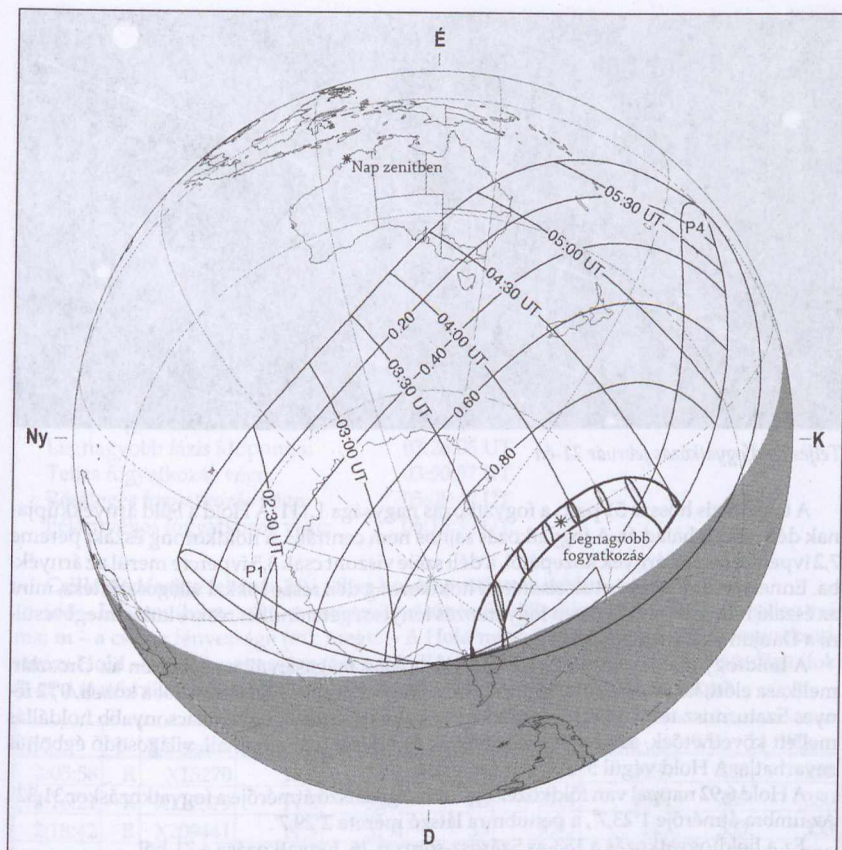
Gyűrűs napfogyatkozás február 7-én

Az év első fogyatkozása egy gyűrűs napfogyatkozás, mely február 7-én zajlik le a hajnali órákban. A jelenség a déli félgömböt érinti, tőlünk sajnos nem látható. A gyűrűsség sávja az Antarktisz Dél-Amerika felőli részén és a Csendes-óceán legdélebbi régióján halad keresztül. Részleges napfogyatkozás látványában részeseül Ausztrália délkeleti szeglete, Új-Zéland és a közeli szigetvilág.

A félárnyék először 1:38:24 UT-kor érinti a földfelszínt. Az antumbra 3:19:40 UT-kor kezdi meg útját az Antarktiszon, a fogyatkozás maximuma 3:55:00 UT-ra esik. Ekkor a gyűrűs fázis 2 perc 12 másodperc hosszú, az antiárnyék 444 km széles, de már az óceán vizein jár. A fogyatkozás nagysága 0,965. Az antumbra 4:40:36 UT-kor távozik a felszínről, a félárnyék 6:11:48 UT-kor hagyja el bolygónkat.

A Hold hét nappal van földközelsége előtt, így látszó mérete átlagos, 30,95'. A Föld 35,17 napja volt napközben, így központi csillagunk látszó mérete nagyobb az átlagnál, 32,45'. A kettő különbsége 1,5'.

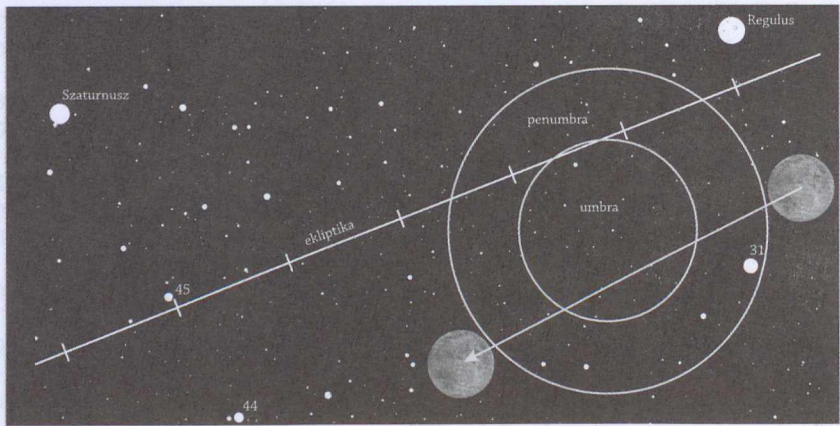
Ez a fogyatkozás a 121-es Szárossz-sorozat 60. tagja a 71-ből.



Gyűrűs napfogyatkozás február 7-én

Teljes holdfogyatkozás február 21-én

Az év első holdfogyatkozása egy teljes holdfogyatkozás, és két héttel a napfogyatkozás után kerül rá sor február 21-én. A jelenség kora hajnalban kezdődik, és reggel ér véget, amikor a Hold Magyarországról nézve már lenyugodott. A félárnyék 0:34:57-kor érinti először a holdkorong peremét, de szabad szemmel látható változást nem okoz egészen 1:20-ig, amikor a jó szemű megfigyelők egy halvány barnás-szürkés homály megjelenését észlelhetik a Hold bal alsó részén. Az árnyék 1:42:57-kor ér a holdkoronghoz, és bő egy és negyed óra alatt beborítja azt. A teljes fázis 3:00:31-kor kezdődik és 3:51:31-kor ér véget. A részleges fázis vége 5:09:04-kor lesz, de a félárnyék jelenléte a közelgő holdnyugta miatt szinte biztos, hogy nem lesz látható. A félárnyék végül 6:17:12-kor hagyja el égi kísérőnk korongját.



Teljes holdfogyatkozás február 21-én

A teljes fázis hossza 51 perc, a fogyatkozás nagysága 1,111. A Hold a Föld árnyékkúpjának déli részén halad át. A fogyatkozás sajnos nem centrális, a holdkorong északi pereme 7,2 ívpercre lesz az árnyék közepétől, a déli széle viszont csak 3,5 ívpercre merül az árnyékba. Ennek eredményeként az elsötétült holdkorong déli része sokkal világosabb lesz, mint az északi része, ezért érdemes a fogyatkozás fényességét mindkét részre külön megbecsléni a Danjon-skála segítségével.

A holdfogyatkozás kezdetén a Hold viszonylag magasan áll az égbolton az Oroszlán mellkasa előtt, közel a Regulushoz (tőle bő egy foknyira). Az égi látnivalót a közeli, 0^m2 fényes Szaturnusz teszi teljessé. A részleges és a teljes fázisok egyre alacsonyabb holdállás mellett követhetőek, az árnyék eltűnésének észlelését már a hajnali, világosodó égbolt is zavarhatja. A Hold végül 5:40 körül nyugszik.

A Hold 6,92 nappal van földközelsége után, így látszó átmérője a fogyatkozáskor $31,32'$. Az umbra átmérője $1^\circ23,7'$, a penumbra látszó mérete $2^\circ29,7'$.

Ez a holdfogyatkozás a 133-as Szárosz-sorozat 26. fogyatkozása a 71-ből.

Kráterkontaktusok a február 21-i holdfogyatkozáskor (Fred Espenak nyomán, az előrejelzések figyelembe veszik a Föld légkörének 1%-os megnagyobbodását)

Kráterbelépések az árnyékba:

Grimaldi	1:48	Eudoxus	2:15
Aristarchus	1:49	Manilius	2:16
Kepler	1:54	Menelaus	2:20
Billy	1:56	Dionysius	2:24
Pytheas	2:00	Plinius	2:24
Copernicus	2:02	Tycho	2:27
Timocharis	2:03	Proclus	2:34
Plato	2:05	Taruntius	2:38
Campanus	2:11	Goclenius	2:42
Aristoteles	2:14	Langrenus	2:48

Kráterkilépések az árnyékból

Grimaldi	4:06	Manilius	4:42
Billy	4:07	Menelaus	4:46
Tycho	4:07	Goclenius	4:47
Campanus	4:09	Plinius	4:49
Kepler	4:19	Eudoxus	4:51
Aristarchus	4:22	Aristoteles	4:52
Copernicus	4:27	Langrenus	4:53
Pytheas	4:30	Tarantius	4:55
Timocharis	4:36	Proclus	4:59
Dionysius	4:42		

Félárnyékos fogyatkozás kezdete:	00:36:35 UT
Részleges fogyatkozás kezdete:	01:43:19 UT
Teljes fogyatkozás kezdete:	03:01:10 UT
Legnagyobb fázis időpontja:	03:26:05 UT
Teljes fogyatkozás vége:	03:50:57 UT
Részleges fogyatkozás vége:	05:08:47 UT
Félárnyékos fogyatkozás vége:	06:15:39 UT

Csillagfedések a február 21-i teljes holdfogyatkozás során:

idő – UT-ban (h:m:s); **E** – esemény (D-eltűnés, R-előbukkanás); **csillag** – a csillag száma; **m** – a csillag fényessége (m); **megv.** – A Hold megvilágítotttsága %-ban a fogyatkozás során; **Hold** – a Hold magassága (fok); **CA, PA, VA, WA** – az esemény pozíciósöge (fok) (l. az Amatőr csillagászok kézikönyvében, a 2006-os kiadásban a 293. oldalon)

Idő	E	ZC szám	m	megv.	Hold	CA	PA	VA	WA
2:05:58	R	X15270	10,4	72%	35	-14N	318	280	299
2:16:21	R	X117319	11,3	55%	33	-31N	299	260	280
2:18:42	R	X209441	11,9	51%	33	93U	12	333	353
2:18:56	D	X209448	11,8	50%	33	83U	137	98	118
2:23:26	D	X117377	11,8	43%	32	-40S	188	149	170
2:27:13	D	X209460	11,5	36%	32	54U	89	49	70
2:28:48	D	X117400	10,6	34%	31	99U	172	132	153
2:29:13	D	X15316	9,8	33%	31	62U	115	75	96
2:31:17	D	X117424	11,0	30%	31	79U	143	103	124
2:31:39	D	X117435	11,2	29%	31	74U	135	95	116
2:35:04	D	X117422	11,4	24%	30	83U	153	112	134
2:37:52	D	X117451	11,0	20%	30	63U	123	83	104
2:41:59	D	X209452	11,7	14%	29	90U	168	128	150
2:46:37	R	X209442	11,6	9%	29	84U	334	293	315
2:47:56	D	X209472	11,5	7%	28	41U	92	50	73
2:50:39	R	X117377	11,8	5%	28	-81N	238	197	219

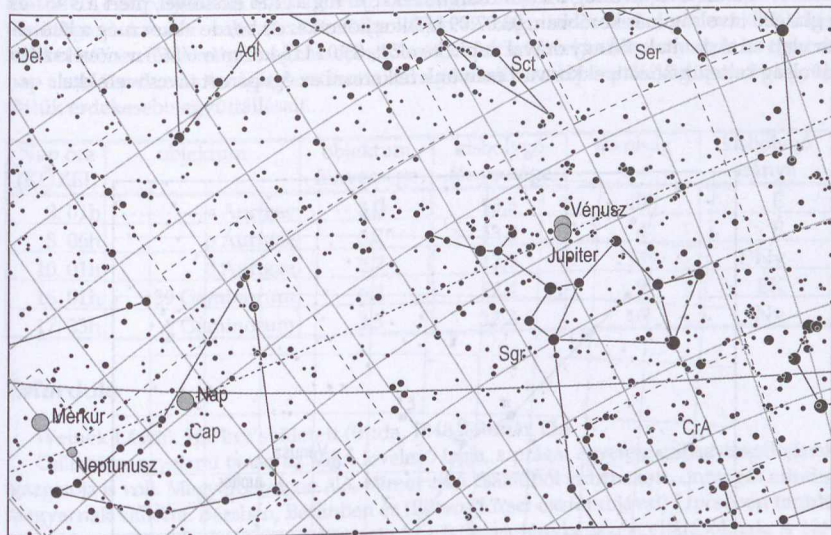
Idő	E	ZC szám	m	megv.	Hold	CA	PA	VA	WA
2:50:41	D	X117480	10,9	5%	28	42U	95	54	76
3:05:49	D	X209482	11,6	0%	26	36U	85	43	66
3:06:05	D	X117472	10,9	0%	25	76U	150	108	131
3:10:49	R	X117400	10,6	0%	24	92U	254	212	235
3:19:13	D	X209490	11,8	0%	23	49U	95	52	76
3:19:23	D	X209468	11,9	0%	23	90U	185	143	166
3:19:42	R	X209460	11,5	0%	23	47U	337	294	318
3:20:38	R	X209448	11,8	0%	23	74U	289	246	270
3:22:29	D	X209487	11,9	0%	23	70U	128	85	109
3:24:51	D	X209484	12,4	0%	22	81U	149	106	130
3:25:32	R	X209452	11,7	0%	22	84U	257	214	238
3:26:01	D	X117522	10,8	0%	22	56U	99	56	80
3:29:28	R	X117422	11,4	0%	21	76U	273	230	254
3:29:56	D	X117525	10,0	0%	22	66U	111	68	92
3:30:13	R	X117424	11,0	0%	21	71U	282	240	263
3:31:25	R	X15316	9,8	0%	21	54U	311	268	292
3:32:53	R	X117435	11,2	0%	21	65U	290	247	271
3:34:15	D	X209507	12,0	0%	21	59U	92	49	73
3:40:04	R	X117451	11,0	0%	20	55U	302	258	282
3:41:04	R	X209472	11,5	0%	20	34U	333	290	314
3:42:20	D	X209486	12,1	0%	19	94U	167	124	148
3:42:37	R	X209469	12,3	0%	19	44U	317	274	298
3:43:34	D	X117536	9,9	0%	19	88U	137	94	118
3:43:39	D	X209509	12,0	0%	19	84U	125	82	106
3:45:36	R	X117480	10,9	0%	19	35U	329	286	310
3:46:13	R	X209468	11,9	0%	18	87U	238	195	219
3:53:01	D	X209517	12,3	0%	18	91U	120	77	101
3:54:21	R	X209482	11,6	0%	17	30U	339	295	320
3:58:05	D	X118172	9,4	2%	17	101U	141	97	122
3:59:21	R	X117472	10,9	3%	16	70U	273	230	254
4:06:08	R	X209478	12,3	10%	15	53U	302	258	283
4:07:21	D	X117552	11,6	11%	15	-53S	165	122	146
4:10:51	D	X209518	12,1	16%	15	-43S	155	111	136
4:12:39	R	X209490	11,8	18%	14	43U	328	284	309
4:16:56	D	X117600	11,8	24%	14	98U	79	36	60
4:17:28	R	X209484	12,4	25%	13	75U	273	230	254
4:20:54	R	X117522	10,8	30%	13	51U	323	279	304
4:21:17	R	X209487	11,9	31%	13	64U	294	251	275
4:22:43	R	X209486	12,1	33%	12	90U	254	211	235
4:23:15	D	X15370	9,9	34%	12	-50S	156	113	137
4:24:10	D	X209531	12,4	36%	13	29S	77	34	58

Idő	E	ZC szám	m	megv.	Hold	CA	PA	VA	WA
4:25:14	D	X15388	9,8	37%	12	20S	86	42	67
4:25:37	R	X209507	12,0	38%	12	54U	330	286	311
4:27:47	R	X117525	10,0	42%	12	60U	311	267	292
4:37:59	D	X209545	12,4	59%	10	-9S	110	67	91
4:39:02	R	X117536	9,9	61%	10	82U	283	240	264
4:41:23	R	X209509	12,0	65%	9	78U	296	252	276
4:44:49	D	X117662	11,3	71%	9	-3S	102	59	83
4:47:07	R	X117552	11,6	74%	8	-24N	254	211	235
4:47:29	D	X209558	11,9	75%	9	4S	94	51	75
4:50:17	R	X209517	12,3	79%	8	84U	300	256	280
4:51:25	R	118172	9,4	81%	8	95U	279	236	260
4:54:41	D	118183	8,0	86%	7	-70S	166	123	147
4:57:05	R	X209518	12,1	89%	7	-11N	264	221	245
4:57:34	D	X117677	11,1	89%	7	34S	61	18	42

A Vénusz látványos együttállásai

2008.02.01. 06:12 UT. A Vénusz bolygó megközelíti a Jupiter bolygót.

Az égbolt két legfényesebb bolygója átlagban kétévente szorosan megközelíti egymást. Ilyen esemény lesz február első napján, de már a korábbi napokban is jól láthatóan közeledik egymáshoz a Nyilas csillagképben tartózkodó két fénylő égitest. A két planéta a Naptól



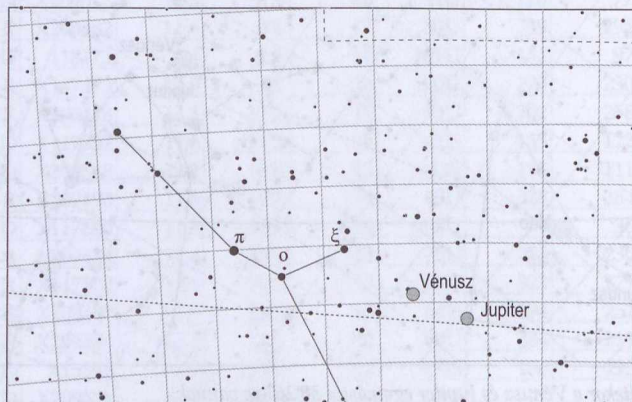
02.01 Napkeltekor a Vénusz és Jupiter egymástól 38'26"-re vannak

31,5–32,0 fokos nyugati elongációban nyugatra helyezkedik el, azaz a Nap előtt kelnek fel. Előbb a -4^m fényességű, $12,5''$ átmérőjű és 85%-os megvilágítottágú Vénusz bolygó emelkedik fel a horizont fölé 04:25 UT-kor, a navigációs szűrőület végén, majd néhány perc múlva a tőle $40'$ távolságban levő, -1^m9-s , $32,6''$ méretű Jupiter követi. Az idő előrehaladtával fokozatosan csökken a kettőjük közötti távolság, ami a 06:12 UT-kor bekövetkező napfelkeltekor már csak $38'26''$ lesz. A csökkenés ekkor nem áll meg, a két bolygó közötti távolság 12:12:29 UT-kor lesz a legkisebb, ekkor mindössze $35'16''$ -re lesznek egymástól. Érdemes lesz a nappali égbolton is felkeresni őket, hiszen egy binokulár, sőt kisebb amatőr távcső látómezőjébe is kényelmesen beleférnek mindketten. Kis és közepes nagytávolságra a nappali égbolton is felismerhető a Vénusz fázisa és a Jupiter két felhősávja. Nagyméretű amatortávcsővel (30 cm és felette) megpróbálkozhatunk a Jupiter holdjainak megpillantásával is. Alapobjektívés fényképezőgéppel és rövid expozíciós idővel napkelte előtt megörökíthető az egymáshoz közel levő szép égi páros, csillagászati távcső primer fókuszában fotózva megörökíthetők a Jupiter holdjai és a Vénusz fázisa is.

A két fényes bolygó legközelebbi, hasonlóan látványos találkozása 2011. május 11-én várható.

2008.02.02. 05:01 UT. A Vénusz bolygó megközelíti a 28 Sagittariit.

Évente néhány alkalommal a legfényesebb bolygó szorosan megközelít egy-egy szabad szemmel is látható csillagot. Az előző napi Jupiter-konjunkció után a február 2-i közelség alkalmával az okkultáció-észlelőknek ismerős csillagot fog megközelíteni, az 5^m4-s 28 Sgr-t, amelyet a Titán (illetve a Szaturnusz bolygó is) elfedett még 1989. július elején. A -4^m fényességű, $12,4''$ átmérőjű és 85%-os fázisú Vénusz bolygó a navigációs szűrőület kezdetekor, 04:26 UT-kor emelkedik a horizont fölé. A 28 Sgr ekkor $5'30''$ távolságra lesz a planétától. A köztük levő távolság fokozatosan növekedni fog az idő elteltével, mert a $3'45''$ -es legkisebb távolság már korábban, 03:07:09 UT-kor következett be, de ekkor még a látóhatár alatt tartózkodtak. Bő egy órával napkelte előtt, 05:01 UT-kor már $6'56''$ -re növekszik a távolság kettejük között, ekkor van esélyünk felkeresni az égi párost távcsöveinkkel.



02.02. A Vénusz $6'56''$ -re megközelíti a 28 Sgr-t

A következő években csak kerülgeti a fényes csillagokat a Vénusz bolygó (legközelebb ilyen esemény 2008. november 5-én este lesz). Szabad szemmel látható csillagot csak 2058. május 7-én fog elfedni, az 5^m5 fényességű 103 Tau-t, 5 fokkal a horizont felett.

Üstökös

46P/Wirtanen. Már hazánkból is több visszatérést észleltük, így itt az alkalom, hogy tovább gyarapítsuk megfigyeléseink számát. A Carl Wirtanen által 1948-ban felfedezett 5,5 éves keringési idejű kométa érdekessége, hogy ez volt a Rosetta űrszonda eredeti célpontja, ám a felbocsátás elhalasztása miatt végül egy másik üstököst látogat majd meg az űreszköz. A kométa február 2-án kerül napközelsbe, majd 17-én 0,918 CSE-re megközelíti bolygónkat. Az esti égen látható, a Piscesből az Ariesbe tartó gyorsan mozgó üstökös fényessége a hó közepén elérheti a 9–9,5 magnitúdót. Február 6-án este alig fél fokra halad el a 10,5 magnitúdós NGC 524 mellett, ami egy több tucat galaxis tartalmazó galaxishalmaz legfényesebb tagja.

Kisbolygók

(6) **Hebe.** Az átlagosnál elnyúltabb ($e = 0,202$) és nagyobb hajlású ($i = 14,8$ fok) pályán járó kisbolygó 6-án éri el szembenállását a Leo és a Cancer csillagképek határán. Az ekliptikát éppen keresztező égitest átlagos távolságban jár a Naptól, így fényessége is közepes, 8,9 magnitúdós értéket fog elérni.

(153591) **2001 SN263.** Február 20-án éri el földközelpontját 0,066 CSE távolságban bolygónktól. A kisbolygó útja nem keresztezi a földpályát, napközelpontja azonban éppen csak kívül esik pályánkon. Ezért hetekig szinte együtt repül velünk, így fényessége és föld-távolsága csak lassan változik. Közelsége idején 12 magnitúdós lesz, de az ezt körülölelő két-két hétben fényessége meghaladja a 13 magnitúdót. Mivel hatalmas utat jár be egy hónap alatt, átszelve az Aurigát és a Geminet, meg sem állva a Hydra alfájáig, csokorba gyűjtöttük érdekesebb együtállásait.

Nap óra (KÖZEL)	objektum	objektum fényessége	kisbolygó fényessége	távolság	kisbolygó iránya
3. 01h	ϵ Aurigae	3,0	13,5	10'	É
5. 06h	ρ Aurigae	5,2	13,2	4'	É
10. 01h	θ Aurigae	2,7	12,9	13'	DNy
16. 01h	39 Geminorum	6,2	12,4	9'	ÉK
17. 23h	δ Geminorum	3,5	12,2	16'	Ny

Évforduló

Weinek László: 160 éve született (Buda, 1848. február 13.)

Csillagász, egyetemi tanár, az MTA levelező tagja, a prágai egyetem csillagvizsgálójának igazgatója is volt. Magyarországon élő, német ajkú családból származott, önmagát mindig magyarnak vallotta. Bécsben, Berlinben és (Eötvös József ösztöndíjával) Lipcsében tanult, már ekkor nagy figyelmet szentelt a még kezdetleges fényképezési eljárásoknak. A Németországból nem látható Vénusz-átvonulást megfigyelő expedíciók előkészítésében részt vett, majd a Kerguelen-szigeti észlelő csoport helyettes vezetője. A jelenségről 60 jó

minőségű fényképet készített (1882. december 6.). Sokat foglalkozott a fotografikus asztrometriai módszerek pontosságával, e tárgyból doktorált, és 1878-ban akadémiai székfoglalóját is erről tartotta. 1882-től Prágában a Károly Egyetem csillagvizsgálójának tanára, az obszervatórium vezetője. Kezdetben az elavult felszereléssel kevés érdemleges munkát végezhetett, ekkor kezdte meg a holdi részletek pontos rajzolását. Kidolgozta a holdfényképek rajzolással történő kiegészítését, eljárásának sikerét jelzi, hogy a Lick Obszervatórium a 91 cm-es óriás refraktorával készített holdfényképeit küldte el számára feldolgozásra. Megkezdte egy 200 laposra tervezett nagy holdatlasz összeállítását. Elsők között csatlakozott a Föld pólusingadozását megfigyelő hálózathoz. Szívesen foglalkozott népszerűsítéssel és csillagászati szemléltető eszközök szerkesztésével. Számos cikke először magyar nyelven jelent meg (a TTK-ben). Prágában halt meg 1913. november 12-én. Nevét holdkráter őrzi.

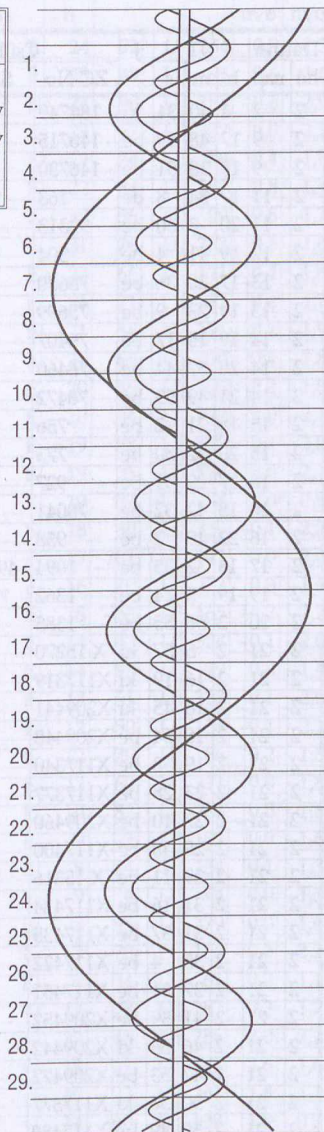


Weinek László portréja

Fő m.: Az instrumentalis fényelhajlás szerepe ... ÉMTK, 7.évf. 1878/8. – A német birodalmi Venus expedíció, TTK 10.évf. 1878/107. füz... – Astronomische Beobachtungen an der k. k. Sternwarte zu Prag im Jahre (1884–1910 közt), holdrajzok és holdfénykép átrajzolások, bolygórajzok – Nagyított rajzok holdfotográfiákról, Emlékkönyv a Term. Tud. Társ. 50 éves évfordulójára, Bp. 1892. **Biogr.:** (S): Prof. L. W., Deutsche Rundschau für Geographie und Statistik, 17. évf. 1895/7. – Obermayer L.: Dr. W. L., Idő, 1914/7. – Scheller, A.: L. W., AN. 196. H. 18. Nr. 4698, 1913. – Bartha Lajos: W. L., a csillagász és utazó, Földrajzi Múzeumi Tanulmány 10. sz. 1991. – Szinnyei XIV. – Pogg. III. (1898), IV. (1928). – Magyarok.

Jupiter-holdak

d	UT	hold	j	d	UT	hold	j	d	UT	hold	j
	h:m				h:m				h:m		
4.	5:00,9	I	fk	9.	4:30,6	E	ev	20.	5:06,3	C	ek
5.	5:06,8	I	ev	12.	4:52,0	I	ek	25.	4:15,8	E	mv
7.	5:06,5	E	fk	13.	4:29,0	I	mv	26.	4:16,7	G	mv
8.	5:15,9	G	ev	16.	4:36,3	E	ek	27.	5:10,5	I	fk
	5:30,6	E	áv					28.	4:32,7	I	áv



A Hold csillagfedései februárban

Dátum	UT			J	Csillag			Hold			C	PA	A	B		
	hó	nap	s		ZC No	SAO	m	fázis	h	m/o					m/o	
2	2	4	40	34	ki	184749		8,1	23	-	9	83	D	265	1,6	1,1
2	9	17	48	49	be	146715		8,5	7	+	10	85	D	69	0,3	-0,8
2	9	18	18	51	be	146730		8,6	8	+	5	54	D	100	0,3	-2,0
2	11	17	34	8	be	163	92255	7,3	23	+	37	18	É	353	0,3	4,7
2	11	20	3	30	be	92313		8,5	24	+	14	80	É	55	0,3	-0,4
2	12	19	41	4	be	304	92787	8,2	34	+	30	76	É	54	0,7	-0,2
2	13	17	20	36	be	75670		8,2	45	+	61	84	D	79	1,6	-0,1
2	13	19	23	9	be	75699		7,9	46	+	45	77	É	61	1,1	-0,2
2	14	19	15	17	be	76407		8,2	57	+	57	44	É	33	1,6	1,9
2	14	20	57	44	be	76460		8,0	58	+	41	65	D	104	0,7	-1,8
2	14	21	49	59	be	76472		7,2	58	+	33	88	É	78	0,6	-1,1
2	15	18	21	2	be	756	76941	6,6	68	+	70	38	É	34	1,6	3,0
2	15	20	52	50	be	773	76998	7,0	69	+	53	78	É	75	1,3	-0,6
2	16	17	29	39	be	927	78000	8,0	78	+	62	83	D	100	1,5	0,3
2	16	18	42	32	be	78041		7,8	78	+	69	20	D	164	1,6	-6,2
2	16	22	49	2	be	958	78196	6,7	80	+	44	71	É	76	1,1	-0,9
2	17	18	32	35	be	1094	49 Gem	7,1	87	+	61	49	É	60	1,5	2,3
2	19	19	5	24	be	1362	78 Cnc	7,2	98	+	44	57	É	78	1,3	1,9
2	20	2	58	55	be	1385	98517	6,6	99	+	23	46	D	152	-0,1	-2,1
2	21	2	5	57	ki	X 15270		10,4	72	E	35	-15	É	318	0,5	-2,0
2	21	2	16	19	ki	X117319		11,3	55	E	33	-31	É	299	0,7	-1,8
2	21	2	18	45	ki	X209441		11,9	51	E	33	93	U	12	-1,0	-3,4
2	21	2	18	54	be	X209448		11,8	51	E	33	83	U	137	0,5	-2,0
2	21	2	19	38	be	X117340		11,0	49	E	33	-65	D	214	1,5	2,3
2	21	2	23	28	be	X117377		11,8	43	E	32	-41	D	189	-0,7	-3,2
2	21	2	27	10	be	X209460		11,5	36	E	32	54	U	89	1,0	-1,5
2	21	2	28	48	be	X117400		10,6	34	E	31	99	U	172	-0,1	-2,6
2	21	2	29	11	be	X 15316		9,8	33	E	31	63	U	115	0,7	-1,8
2	21	2	31	16	be	X117424		11,0	30	E	31	79	U	143	0,4	-2,1
2	21	2	31	37	be	X117435		11,2	29	E	31	74	U	135	0,4	-2,0
2	21	2	35	4	be	X117422		11,4	24	E	30	83	U	153	0,2	-2,2
2	21	2	37	51	be	X117451		11,0	20	E	30	63	U	123	0,5	-1,9
2	21	2	41	59	be	X209452		11,7	14	E	29	90	U	169	-0,1	-2,5
2	21	2	46	36	ki	X209442		11,6	9	E	29	84	U	334	0,2	-2,2
2	21	2	47	53	be	X209472		11,5	7	E	29	41	U	92	0,8	-1,5
2	21	2	50	36	ki	X117377		11,8	5	E	28	-82	É	238	1,6	-0,7
2	21	2	50	39	be	X117480		10,9	5	E	28	42	U	95	0,8	-1,6
2	21	3	5	47	be	X209482		11,6	0	E	26	36	U	85	0,8	-1,5
2	21	3	6	5	be	X117472		10,9	0	E	25	76	U	150	0,1	-2,2

Dátum		UT			J	Csillag			Hold			C		PA	A	B
hó	nap	h	m	s		ZC No	SAO	m	fázis	h				m/o	m/o	
2	21	3	10	47	ki	X117400		10,6	0	E	24	92	U	254	0,9	-1,3
2	21	3	19	11	be	X209490		11,8	0	E	23	49	U	95	0,6	-1,6
2	21	3	19	25	be	X209468		11,9	0	E	23	90	U	185	-0,6	-2,9
2	21	3	19	42	ki	X209460		11,5	0	E	23	47	U	337	0,0	-2,2
2	21	3	20	36	ki	X209448		11,8	0	E	23	74	U	289	0,4	-1,8
2	21	3	25	30	ki	X209452		11,7	0	E	22	84	U	257	0,8	-1,4
2	21	3	25	59	be	X117522		10,8	0	E	22	56	U	99	0,5	-1,7
2	21	3	29	26	ki	X117422		11,4	0	E	21	76	U	273	0,5	-1,6
2	21	3	29	55	be	X117525		10,0	0	E	22	66	U	111	0,4	-1,8
2	21	3	30	12	ki	X117424		11,0	0	E	21	71	U	282	0,4	-1,7
2	21	3	31	25	ki	X 15316		9,8	0	E	21	54	U	311	0,2	-1,9
2	21	3	32	52	ki	X117435		11,2	0	E	21	65	U	290	0,4	-1,8
2	21	3	40	4	ki	X117451		11,0	0	E	20	55	U	302	0,2	-1,8
2	21	3	41	4	ki	X209472		11,5	0	E	20	34	U	333	0,0	-2,1
2	21	3	43	33	be	X117536		9,9	0	E	19	88	U	137	0,1	-2,0
2	21	3	45	36	ki	X117480		10,9	0	E	19	35	U	329	0,0	-2,1
2	21	3	46	11	ki	X209468		11,9	0	E	19	87	U	238	1,0	-0,9
2	21	3	54	22	ki	X209482		11,6	0	E	18	30	U	339	-0,1	-2,2
2	21	3	58	5	be	118172		9,4	2	E	17	101	U	141	0,0	-2,0
2	21	3	59	20	ki	X117472		10,9	3	E	16	70	U	273	0,3	-1,6
2	21	4	7	21	be	X117552		11,6	11	E	15	-53	D	165	-0,2	-2,2
2	21	4	12	39	ki	X209490		11,8	18	E	14	43	U	328	-0,1	-2,0
2	21	4	16	56	be	X117600		11,8	24	E	14	98	U	79	0,3	-1,4
2	21	4	20	55	ki	X117522		10,8	30	E	13	51	U	323	-0,1	-2,0
2	21	4	23	15	be	X 15370		9,9	34	E	12	-50	D	156	-0,1	-2,1
2	21	4	25	13	be	X 15388		9,8	37	E	12	20	D	86	0,2	-1,5
2	21	4	27	47	ki	X117525		10,0	42	E	12	60	U	311	0,0	-1,8
2	21	4	39	1	ki	X117536		9,9	61	E	10	82	U	283	0,0	-1,6
2	21	4	44	49	be	X117662		11,3	71	E	9	-3	D	102	0,0	-1,6
2	21	4	47	7	ki	X117552		11,6	74	E	8	-24	É	254	0,1	-1,3
2	21	4	47	29	be	X209558		11,9	75	E	9	4	D	94	0,0	-1,5
2	21	4	51	25	ki	118172		9,4	81	E	8	95	U	279	0,0	-1,6
2	21	4	54	42	be	118183		8,0	86	E	7	-70	D	166	-0,3	-2,2
2	21	4	57	34	be	X117677		11,1	89	E	7	34	D	61	0,2	-1,1
2	22	4	42	39	ki	1599	58 Leo	4,8	99	-	12	73	D	287	0,3	-1,7
2	22	21	47	34	ki	1685	v Leo	4,3	96	-	32	45	D	256	2,0	2,2
2	27	1	45	2	ki	182861		7,3	68	-	18	47	D	247	2,6	1,6
2	29	2	47	26	ki	2370	184428	6,9	49	-	10	72	D	261	1,8	1,1
2	29	5	10	23	be	2383	τ Sco	2,8	49	-	14	-60	D	128	1,8	-0,7
2	29	6	24	57	ki	2383	τ Sco	2,8	48	-	11	57	D	245	1,6	-0,5

$\lambda = 19^\circ, \varphi = 47,5^\circ$

Kalendárium – március

KÖZEI

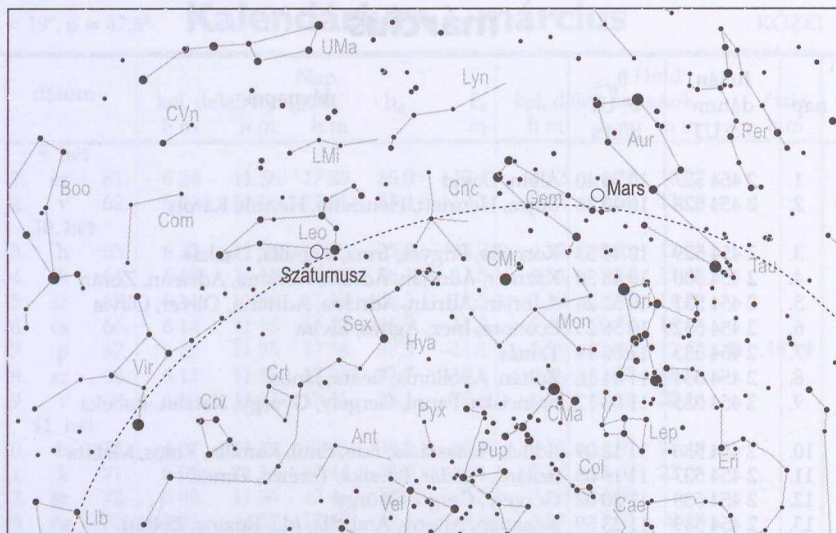
dátum	Nap					Hold			fázis h m
	kel h m	delel h m	nyugszik h m	h_d °	E_t m	kel h m	delel h m	nyugszik h m	
9. hét									
1. sz 61.	6 24	11 56	17 29	35,0	-12,4	2 52	6 37	10 22	
2. v 62.	6 22	11 56	17 31	35,4	-12,2	3 42	7 30	11 20	
10. hét									
3. h 63.	6 20	11 56	17 32	35,8	-12,0	4 22	8 22	12 28	
4. k 64.	6 18	11 56	17 34	36,1	-11,8	4 54	9 14	13 42	
5. sz 65.	6 16	11 55	17 35	36,5	-11,5	5 19	10 03	14 59	
6. cs 66.	6 14	11 55	17 37	36,9	-11,3	5 40	10 52	16 16	
7. p 67.	6 13	11 55	17 38	37,3	-11,1	5 59	11 40	17 35	● 18 14
8. sz 68.	6 11	11 55	17 40	37,7	-10,8	6 16	12 27	18 54	
9. v 69.	6 09	11 54	17 41	38,1	-10,6	6 34	13 16	20 16	
11. hét									
10. h 70.	6 07	11 54	17 43	38,5	-10,3	6 54	14 07	21 40	
11. k 71.	6 05	11 54	17 44	38,9	-10,1	7 17	15 02	23 05	
12. sz 72.	6 03	11 54	17 46	39,3	-9,8	7 48	16 00	-	
13. cs 73.	6 01	11 53	17 47	39,6	-9,5	8 28	17 02	0 28	
14. p 74.	5 59	11 53	17 48	40,0	-9,3	9 22	18 04	1 43	○ 11 46
15. sz 75.	5 57	11 53	17 50	40,4	-9,0	10 28	19 05	2 44	
16. v 76.	5 55	11 53	17 51	40,8	-8,7	11 44	20 02	3 30	
12. hét									
17. h 77.	5 53	11 52	17 53	41,2	-8,4	13 03	20 55	4 04	
18. k 78.	5 51	11 52	17 54	41,6	-8,1	14 20	21 43	4 30	
19. sz 79.	5 49	11 52	17 56	42,0	-7,8	15 35	22 29	4 50	
20. cs 80.	5 47	11 51	17 57	42,4	-7,5	16 47	23 12	5 07	
21. p 81.	5 45	11 51	17 58	42,8	-7,2	17 57	23 54	5 23	○ 19 40
22. sz 82.	5 43	11 51	18 00	43,2	-6,9	19 06	-	5 38	
23. v 83.	5 41	11 50	18 01	43,6	-6,6	20 15	0 35	5 53	
13. hét									
24. h 84.	5 39	11 50	18 03	44,0	-6,3	21 24	1 18	6 11	
25. k 85.	5 37	11 50	18 04	44,4	-6,0	22 33	2 02	6 32	
26. sz 86.	5 35	11 50	18 06	44,8	-5,7	23 39	2 49	6 58	
27. cs 87.	5 32	11 49	18 07	45,1	-5,4	-	3 38	7 32	
28. p 88.	5 30	11 49	18 08	45,5	-5,1	0 40	4 28	8 15	
29. sz 89.	5 28	11 49	18 10	45,9	-4,8	1 33	5 20	9 08	● 22 47
30. v 90.	5*26	11*48	18*11	46,3	-4,5	2*17	6*12	10*11	
14. hét									
31. h 91.	5*24	11*48	18*13	46,7	-4,2	2*52	7*03	11*20	

*A nyári időszámítás alatt a KÖZEI-ben megadott időpontokhoz egy órát hozzá kell adni!

március

nap	Julián dátum 12 ^h UT	θ_{gr} 0 ^h UT h m s	névnapok
1.	2 454 527	10 36 40	Albin, Dávid
2.	2 454 528	10 40 36	Lujza, Henriett, Henrietta, Henrik, Károly
3.	2 454 529	10 44 33	Kornélia, Frigyes, Irma, Kamilla, Oszkár
4.	2 454 530	10 48 30	Kázmér, Adorján, Adrián, Adriána, Adrienn, Zorán
5.	2 454 531	10 52 26	Adorján, Adrián, Adriána, Adrienn, Olivér, Olívia
6.	2 454 532	10 56 23	Leonóra, Inez, Ágnes, Elvira
7.	2 454 533	11 00 19	Tamás
8.	2 454 534	11 04 16	Zoltán, Apollónia, Beáta, János
9.	2 454 535	11 08 12	Franciska, Fanni, Gergely, György, Katalin, Rebeka
10.	2 454 536	11 12 09	Ildikó, Anasztázia, Ede, Emil, Kamilla, Kolos, Melitta
11.	2 454 537	11 16 05	Szilárd, Aladár, Borsika, Terézia, Tímea
12.	2 454 538	11 20 02	Gergely, Gergő, György
13.	2 454 539	11 23 59	Krisztián, Ajtony, Arabella, Ida, Rozina, Zoltán
14.	2 454 540	11 27 55	Matild
15.	2 454 541	11 31 52	Nemzeti ünnep; Kristóf, Krisztofer, Lujza, Lukrécia
16.	2 454 542	11 35 48	Henrietta, Ábris, Bálint, Henrik, Valentin
17.	2 454 543	11 39 45	Gertrúd, Patrik, József
18.	2 454 544	11 43 41	Sándor, Ede, Alexa, Alexander, Alexandra, Nárcisz
19.	2 454 545	11 47 38	József, Bánk
20.	2 454 546	11 51 34	Klaudia, Alexa, Alexandra, Irma
21.	2 454 547	11 55 31	Benedek, Bence, Gergely, Gergő, Miklós, Nikolett
22.	2 454 548	11 59 28	Beáta, Izolda, Csilla, Katalin, Lea, Lia
23.	2 454 549	12 03 24	Húsvét; Emőke, Ottó
24.	2 454 550	12 07 21	Húsvét; Gábor, Karina, Ella, Gabriella, Katalin
25.	2 454 551	12 11 17	Irén, Írisz, Irina, Kristóf, Lúcia, Mária
26.	2 454 552	12 15 14	Emánuel, Dusán, Leonóra
27.	2 454 553	12 19 10	Hajnalka, Augusztá, Augusztina, János, Lídia
28.	2 454 554	12 23 07	Gedeon, Johanna, Hanna, János, Maja
29.	2 454 555	12 27 03	Augusztá, Augusztina
30.	2 454 556	12 31 00	Zalán
31.	2 454 557	12 34 57	Árpád, Ákos, Benjámín, Johanna, Kornélia

30. A nyári időszámítás kezdete 2 h KÖZEI-kor



A déli égbolt március 15-én 20:00-kor (KÖZEI)

Bolygók

Merkúr: A hónap elején egy órával kel a Nap előtt. A hajnali szürkületben kereshető a délkeleti égbolt alján. 3-án van legnagyobb nyugati kitérésben, $27,1^\circ$ -ra a Naptól, de láthatósága nem kedvező. Ezután lassan közeledik a Naphoz, a hónap közepén már csak fél órával kel a Nap előtt, a hónap végére eltűnik a reggeli fényben.

Vénusz: A hónap elején még feltűnik a hajnali délkeleti látóhatár felett, de láthatósága gyorsan romlik az ekliptika kis hajlásszöge miatt. Hó elején még egy órával, hó végén már alig fél órával kel a Nap előtt. Fényessége -3^m9 -ról -3^m8 -ra, átmérője $11''$ -ről $10''$ -re csökken, fázisa $0,90$ -ról $0,95$ -ra nő.

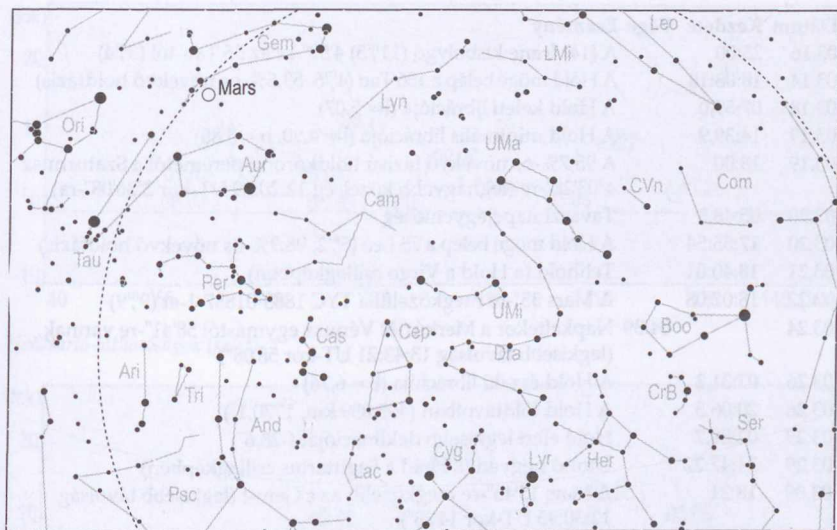
Mars: Előretartó mozgást végez előbb a Bika, majd az Ikrek csillagképben. Az éjszaka első felében látható, kora hajnalban nyugszik. Fényessége 0^m1 -ről 0^m7 -ra, átmérője $9,1''$ -ről $7''$ -re csökken.

Jupiter: Előretartó mozgást végez a Nyilas csillagképben. Kora hajnalban kel, alacsonyan látszik a délkeleti égen. Fényessége -2^m0 átmérője $36''$.

Szaturnusz: Az Oroszlán csillagképben végez hátráló mozgást. Az éjszaka nagy részében látható, napkelte előtt nyugszik. Fényessége 0^m2 , átmérője $20''$.

Uránusz: A Nap közelsége miatt nem megfigyelhető. 8-án együttállásban a Nappal.

Neptunusz: A Nap közelsége miatt nem figyelhető meg.



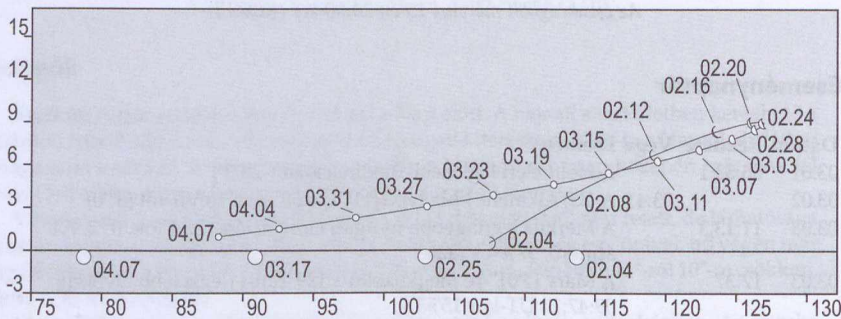
Az északi égbolt március 15-én 20:00-kor (KÖZEI)

Eseménynaptár

Dátum	Kezdet	Vége	Esemény
03.01	05:53,1		A Hold eléri legkisebb deklinációját (-28,9°)
03.02		03:41	A (82) Alkmene kisbolygó (11 ^m 1) 0°58"-re a 10 Vir-tól (6 ^m 0)
03.03	11:13,3		A Merkúr legnagyobb nyugati elongációja (27,1 fok, 0 ^m 2, 7,1" átmérő, 57%-os fázis)
03.03	17:37		A Mars 1701"-re megközelíti a 139 Tau-t (legkisebb távolság 09:47:10 UT-kor 15'53")
03.05	07:15,1		A Hold nyugati librációja (l= -5,89)
03.07	17:14:14		Újhold (a Hold az Aquarius csillagképben)
03.08	20:18,8		Uránusz együttállásban a Nappal (Naptól 0,7 fokra)
03.08	17:10		23 ó 56 p-es holdsarló 6,4 fok magasan az esti égen
03.09	17:12		47 ó 58 p-es holdsarló 18,9 fok magasan az esti égen
03.10	21:30,3		A Hold földközelpontban (366 325 km, 1957,2")
03.12	13:21,5		A Hold déli librációja (b= -6,72)
03.12	17:45	19:05	A Hold súrolja a Plejádokat (31,1% növekvő holdfázis, 40 fok horizont feletti magasság)
03.12	17:56:49		A Hold mögé belép a 18 Tau (5 ^m 7, 30,9%-os növekvő holdfázis)
03.13	12:51,7		A Hold maximális librációja (l= 2,40, b= -6,52)
03.14	10:45:38		Első negyed (a Hold a Taurus csillagképben)
03.14	16:18,0		A Hold eléri legnagyobb deklinációját (+27,6°)

Dátum Kezdeté Vége Esemény

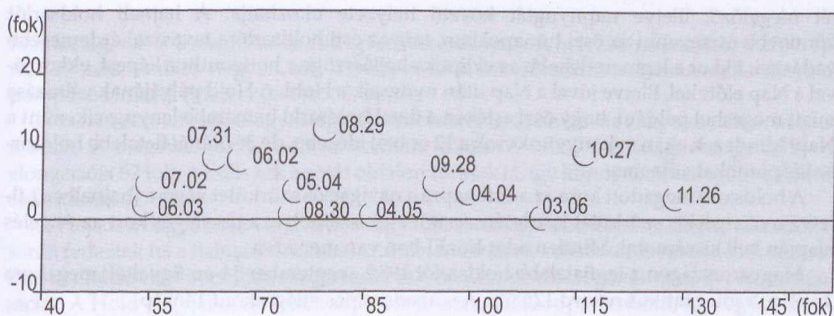
03.16	23:00	A (14) Irene kisbolygó (11 ^m ,5) 4'59"-re az 56 Tau-tól (5 ^m ,4)
03.14	18:08:18	A Hold mögé belép a 136 Tau (4 ^m ,6, 53,5%-os növekvő holdfázis)
03.18	07:59,0	A Hold keleti librációja (l= 5,07)
03.19	14:39,9	A Hold minimális librációja (l= 4,90, b= 0,85)
03.19	18:00	A 95,7%-os növekvő fázisú holdkorong peremétől a Szaturnusz 4°03'28"-re (legnagyobb közelség 12:20:29 UT-kor 2°36'08"-ra)
03.20	05:48,3	Tavaszi napéjegyenlőség
03.20	17:55:54	A Hold mögé belép a 75 Leo (5 ^m ,2, 98,9%-os növekvő holdfázis)
03.21	18:40:01	Telihold (a Hold a Virgo csillagképben)
03.22	18:07:08	A Mars 35"-re megközelíti a TYC 1883-01887-1-et (9 ^m ,9)
03.24	04:39	Napkeltekor a Merkúr és Vénusz egymástól 58'41"-re vannak, (legkisebb távolság 13:43:21 UT-kor 58'08")
03.26	07:31,2	A Hold északi librációja (b= 6,76)
03.26	20:06,5	A Hold földtávolban (405 059 km, 1770,1")
03.29	02:59,7	Hold eléri legkisebb deklinációját (-28,6°)
03.29	21:47:22	Utolsó negyed (a Hold a Sagittarius csillagképben)
03.30	18:21	A Mars 15'46"-re megközelíti az ε Gem-t (legkisebb távolság 12:30:45 UT-kor 14'28")



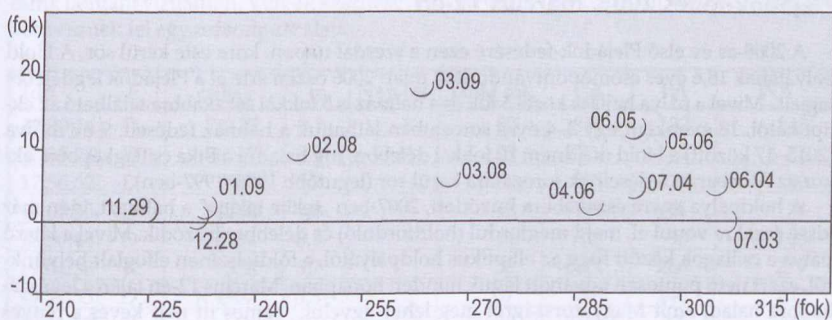
03.03. A Merkúr legnagyobb nyugati elongációja (27,1 fok, 0^m,2, 7,1" átmérő, 57%-os fázis)

Üstökös

46P/Wirtanen. A lassan halványodó üstökös ebben a hónapban az Ariesből a Tauruson keresztül az Aurigába jut, miközben 7-e környékén 3 fokkal északra halad el a Plejádoktól. Pár nappal később a 13–14 magnitúdós 93P/Lovas 1-üstököt is megközelíti. A hónap utolsó napjaiban – sajnos nagy holdfázis mellett – az NGC 1893–M36–M38 nyílthalmazok által határolt területen fog tartózkodni. Várható fényessége ezekben a napokban már csak 11 magnitúdó.



Holdsarló-láthatóságok (kelet)



Holdsarló-láthatóságok (nyugat)

Korai holdsarló megfigyelése

A Hold minél vékonyabb, fiatalabb sarlójának megpillantása olyan ősi észlelési tevékenység, amely újabban reneszánszát éli. Az ókori nagy birodalmakban nagy eseménynek számított az újhold utáni vékony holdsarló első megpillantása, amit örömtűzek meggyújtásával, táncsal ünnepeltek meg. Fontosságát nem kell hangsúlyozni, hiszen a régiek naptára a Hold járásához alkalmazkodott, sőt, a hagyománytisztelő mohamedán naptár ma is ezen alapszik, egyik fő ünnepük, a Ramadán is az esti holdsarló első megpillantásakor kezdődik.

A holdsarló-észlelési program 1971-ben éledt újjá Joseph Ashbrook közreműködésével, hazánkban 1983 óta él ez az észlelési ágazat. A program célja egyszerű: milyen hamar látható meg a fiatal holdsarló az esti égen? Mennyi idővel az újhold előtt látható még az „öreg” holdsarló a hajnali égen? Milyen pontos lehetett az ókoriak naptára? Képesek vagyunk-e megismételni az ő teljesítményüket?

Korai holdsarlónak a 48 óránál kisebb korú holdsarlót nevezzük. Az igazán értékes és nehéz holdsarló-észlelések a 24 óránál fiatalabbak. A holdsarló korát a megfigyelés időpontja és az újhold időpontja között eltelt idő adja meg. Nincs különbség a hajnali és az esti holdsarló láthatósága között, a nehézséget a holdsarló várható kora és a Hold napkel-

tét megelőző, illetve napnyugtát követő helyzete okozhatja. A hajnali holdsarlót könnyebb észrevenni az őszi hónapokban, míg az esti holdsarlóra tavasszal érdemesebb vadászni. Ekkor a legmeredekebb az ekliptika hajlásszöge a horizonthoz képest, ekkor jóval a Nap előtt kel, illetve jóval a Nap után nyugszik a Hold. A Hold pályájának változása miatt megeshet például, hogy őszi esteken a fiatal holdsarló hamarabb lenyugszik, mint a Nap! Mindezek okán évkönyvünk csak a 12 óránál idősebb, de 36 óránál fiatalabb holdsarló-időpontokat adja meg.

A holdsarló megadott kora az adott napra a navigációs szürkület végére (hajnalban), illetve a navigációs szürkület kezdetére (este) lett kiszámolva, a tényleges kort az észlelés alapján kell kiszámolni. Minden adat KözEI-ben van megadva.

Magyarországon a legfiatalabb holdsarlót 1985. szeptember 14-én figyelték meg, kora 15621p, a fotografikus rekord 17637p. A szabadszemes világrekord 14651p.

Bővebb információt az Amatőrcsillagászok kézikönyve lapjain találni.

Plejádok-fedés 2008. március 12-én

A 2008-as év első Plejádok-fedésére ezen a szerdai napon, kora este kerül sor. A Hold pályájának 18,6 éves csomópontvándorlása miatt 2006 őszén érte el a Plejádok legdélebbi tagjait. Mivel a pálya hajlása közel 5 fok és a halmaz is 5 fokkal északabbra található az ekliptikától, 18 évenként egy 3–4 éves sorozatban láthatjuk a halmaz fedéseit. 9 év múlva (2015–17 között) a Hold majdnem 10 fokkal délebbre fog haladni a Bika csillagképben, ekkor az Aldebaran fedéseinek sorozatára kerül sor (legutóbb 1996–1997-ben).

A holdpálya egyre északabbra húzódott, 2007-ben „telibe találta” a halmazt, idén már kissé északra vonul el, majd megfordul (holdforduló) és délebbre húzódik. Mivel a látszó pálya a csillagok között függ az elliptikus holdpályától, a földfelszínen elfoglalt helyünktől, ezért nem pontosan ugyanott látjuk minden hónapban. Március 12-én talán a legészakabbra halad, amit Magyarországról meg lehet figyelni. Sajnos itt már kevés a fényes



halmaztag, sok 6–8 magnitúdós csillag fedését láthatjuk. A helyzet hasonló lesz a 2007. április 19-éhez, amikor nagyon sok látványos fotót készíthetünk a hamuszürke fényben pompázó Holdról (Meteor 2007/6. 36. oldal)

A márciusi esemény az egyik legkedvezőbb helyzetű, hiszen az ekliptika dőlése magas, a Hold is magasan tartózkodik a horizont fölött. A Hold megvilágítottsága 30%-os, elongációja 67 fok. A csillagok a sötét oldalon tűnnek el, így könnyebben megfigyelhetjük okkultációikat.

A Plejádok nagyon sok tagja kettős vagy többscsillag. Több kettőscsillagot okkultációk során fedeztek fel a halmazban. Táblázatunk tartalmazza a többszörös rendszerek adatait. Az okkultáció előtt becsljük meg a fedés és a kettős pozíciószögének eredőjét és a szeparációt. A Hold nagyjából fél ívmásodpercet tesz meg másodpercenként, és a 0,05 másodperces különbséget a fedés során fokozatos fénycsökkenésként vagy növekedésként még érzékelheti az emberi szem. Ezek alapján szerencsés esetben akár 0,02"-es kettőst is fel tudunk bontani vizuálisan. Videók készítésével is meg lehet próbálkozni, hiszen ezek 25 képet vesznek fel egy másodperc alatt.

Idő	E	csillag	m	Nap fok	Hold fok	CA	PA	WA
17:30:14	D	76113	8,1	-8	53	33S	132	145
17:35:21	D	76117	8,9	-9	53	77N	62	75
17:56:52	D	538	5,7		50	88S	77	90
18:05:53	D	76142	9,0		48	76N	61	74
18:50:44	D	76184	8,3		41	70S	95	108
19:04:38	R	538	5,7		38	-80N	266	279
19:12:55	D	X 4907	8,8		37	25S	140	153
19:21:57	D	555	6,4		36	81N	66	79
20:52:44	D	571	6,8		21	57N	43	55
21:09:19	D	574	6,8		19	61N	47	59
22:09:08	D	76319	8,4		10	86N	73	85

idő – UT-ban (h:m:s); **E** – esemény (D-eltűnés, R-előbukkanás); **csillag** – a csillag ZC vagy SAO száma; **m** – a csillag fényessége (m); **Nap fok** – a Nap magassága (fok); **Hold fok** – a Hold magassága (fok); **CA, PA, WA** – az esemény pozíciószöge (fok) (l. az Amatőrcsillagszok kézikönyvében, a 2006-os kiadásban a 293. oldalon)

Kettős és többes csillagrendszerek az M45-ben

ZC/SAO szám - név	mag	mag	szep.	PA
536 = Celaeno = 16 Tauri kettőscsillag	5.7	7.7	0,100"	90
537 = Electra = 17 Tauri változó, hármascsillag	3.9	7.0	0,005"	
	3.9	7.5	0,196"	117
539 = Taygeta = 19 Tauri többscsillag	4.6	6.1	0,012"	
	4.3	8.1	71,000"	329
541 = Maia = 20 Tauri kettőscsillag	4.4	5.4	0,003"	69

ZC/SAO szám - név	mag	mag	szep.	PA
545 = Merope = 23 Tauri = V971 Tau				
549 = többcsillag	7.1	8.2	0,001"	205
	6.2	8.7	74,000"	306
551 = kettőscillag	7.1	9.1	6,600"	265
552 = Alcyone = η Tauri = NSV 15775 többcscs.	3.0	4.6	0,031"	207
	2.8	6.2	117,000"	290
553 = kettőscillag	7.1	8.5	0,000"	0
557 = kettőscillag	7.4	7.4	0,100"	228
560 = Atlas = 27 Tauri = NSV 01345, kettőscs.	3.8	6.8	0,004"	285
561 = Pleione = 28 BU Tauri, kettőscillag	5.0		0,200"	37
562 = hármascillag	7.3	7.4	0,100"	134
	6.5	7.5	87,000"	309
567 = hármascillag	6.8	9.7	3,300"	235
	6.9	8.9	10,200"	235
647 = χ Tauri = NSV 15957, kettőscillag	5.4	8.4	19,600"	25
76234 hármascillag	7.5		67,000"	13
	7.5	6.5	87,000"	129
76259 kettőscillag	7.6	8.8	0,015"	114

Tavaszi Messier-maraton

Az újkori csillagásztörténet egyik legismertebb és az amatőr csillagászok által minden bizonnyal legtöbbet emlegetett neve egy XVIII. századi francia csillagászt és kiváló megfigyelőt takar. Charles Messier hosszú élete alatt (1730. június 26–1817. április 12.) örökre beírta nevét az égbolt tudományába az általa összeállított fényes ködszerű égitestek katalógusával. Messier eredetileg üstökösöket kívánt felfedezni, és e tevékenységében zavarónak találta az égi vándorokhoz megtévesztően hasonló, ám mozdulatlan csillaghalmazokat, ködöket, galaxisokat. A hasonlósághoz persze hozzájárultak korának nem túl kifinomult optikái is, azonban tény és való, hogy sok általa katalógusba vett objektumról első látásra nehéz eldönteni, hogy nem egy eleddig ismeretlen üstököstit lát az ember – olyannyira, hogy hébe-hóba még a mai amatőr csillagászok is összetévesztik őket...



Charles Messier

Bár Messier sikeres üstökös vadász volt – a 20 talált üstökösből 13 az ő saját felfedezése, az „Üstökös menyét” nevet pedig maga XV. Lajos aggatta rá – legfontosabb csillagászati hozzájárása azonban az általa létrehozott, 110 ködszerű égi objektumot tartalmazó katalógus. A lista az ő korában még fényszennyezés nélküli ég mellett készült, ezzel is magyarázható, hogy mai szemmel viszonylag gyenge távcsöveivel halványabb objektumokat is kényelmesen meg tudott figyelni. Ezen égitestek ellenére elmondható, hogy listája az északi szélességekről megfigyelhető legfényesebb és talán legszebb mélyég-objektumokat foglalja magában. Az igazsághoz hozzátartozik, hogy gyűjteménye távolról sem teljes, ki-maradtak olyan ködösségek illetve halmazok, amelyek látszó méretüknél, fényességük-nél, égi pozíciójuknál fogva méltán kaphattak volna sorszámot Messier katalógusában, elég csak a Perseus-ikerhalmazra gondolnunk. Szerencsére így is kellően hosszú és vegyes a lista: minden távcső típussal észlelhetőek objektumai, amelyek fizikai mivoltukban is különbözőek. Találunk köztük szupernóva-maradványt (Messier 1 vagy M1, az 1054-ben kínai csillagászok által nappal is látott szupernóva táguló, ledobott anyaga), születő csillagokat tartalmazó anyagfelhőket, zsúfolt gömbhalmazokat a Tejútrendszer külső régióiban, fiatal csillagok laza csoportosulásait és extragalaktikus csillagvárosokat fényévek millióiira egyaránt. A lista alapos végigézelése az elkötelezett amatőrcsillagásznak évekre ad munkát és persze örömet is.

A tavaszi időszak nemcsak egyre barátságosabb időjárása miatt kedvező az amatőrcsillagászati megfigyeléseknek, hanem azért is, mert a márciusi és az áprilisi éjkek biztosítják a legnagyobb esélyt arra, hogy minél több Messier-objektumot becserkésszünk egy éj leforgása alatt. A külföldön népszerű, hazánkban talán még annyira nem elterjedt, úgynevezett Messier-maraton pontosan a fentebb említett célt tűzi ki a megfigyelő elé: egy adott éjszakan minél több Messier-katalógusbeli látnivalót felkeresni. Ehhez a két tavaszi hónap nyújtja a legkedvezőbb láthatóságot: az esti zürkületben elkezdett, ideális esetben hajnalig tartó észlelés során a legtöbb „Messier” feltűnik binokulárunk, távcsövünk látómezejében. Szinte minden műszer alkalmas a megfigyelésekhez, azonban a gyors beállítási lehetőség, a kis nagyítás nagy látómezővel párosulva, a kétszemes látvány a nagyobb méretű (15x70, 20x80, 25x100) állványra szerelt binokulároknak kedvez, azonban már egy kisebb látócsővel is számos Messier-objektum felkereshető ezeken a tavaszi éjjeleken. A jó kilátás déli irányban, valamint a városi fényektől mentes, tiszta égbolt nagyon sokat segít. Az objektumok felkereséséhez, azonosításához a legegyszerűbb planetáriumprogramok, csillagtérképek is használhatóak.

A „nagy futáshoz” egyébc tanácsokat, ötleteket a Meteor 2005. és 2007. évi júniusi számaiban valamint az Amatőrcsillagászok kézikönyvében találhat a kedves olvasó. Csupán egy apró sugallat: a megfelelő vágyakozás „ne ölje meg” a látnivalók szépségét, ne váljon gyilkos hajszává a maraton, néhány percig nyugodtan élvezzük az objektumok látványát, inkább gyűjtsünk be tíznél kevesebb észlelést a tarsolyunkba, mintsem elveszítsük az igazi célt, a minél több Messier-objektum „igazi” távcsöves szemrevételét!

Évforduló

Nagy Károly: 140 éve halt meg (Párizsban, 1868. március 2.)

Nagy Károly (1797. december 6., Révkomárom – 1868. március 2., Párizs) a kémiai tudományok doktora volt, mégis csillagászati és ismeretterjesztő tevékenysége miatt vált elismertté. Életének nagy részét hazáján kívül töltötte: barátságot kötött a legnagyobb nyugat-európai és amerikai tudósokkal, politikusokkal, köztük pl. a francia miniszterelnökkel, de az amerikai elnök is fogadta őt Washingtonban. Ismeretterjesztői tevékenysé-

gét nem csillagászként kezdte, útleírásokat küldött az Egyesült Államokból. 1831-ben az Magyar elődszervezete, a Magyar Tudós Társaság tagjai sorába választotta, s így tett két évvel később az amerikai társszervezet, az American Philosophical Society is.

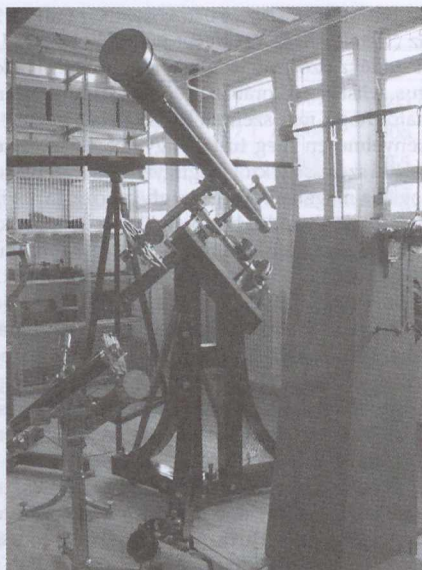
Több, elsősorban matematikai, köztük kifejezetten iskolásoknak szóló könyve jelent meg, de matematikusok számára is kiadott táblázatokat. Ám a nagyközönség számára csillagászati kiadványokat is megjelentetett, illetve iskolák számára legyártatta az első magyar feliratú éggömböket.

1847-ben Nagy Károly Bicskére költözött, hogy ott a szabadságharc későbbi külügyminiszterének, Batthyány Kázmér grófnak az uradalmi igazgatója lehessen. A gróf rajongott a csillagászatért és gazdasági, pénzügyi és tudományos szakértelme miatt felnézett Nagy Károlyra. Ezért is támogatta a csillagász azon törekvését, hogy Bicskén megépüljön a kor legmodernebb műszereivel felszerelt csillagvizsgáló intézet. A csillagdat, a természettudományos tanítás egyik központjának szánt kastélyt és Nagy Károly Mihály nevű testvére számára épített mauzóleumot Pollack Mihály klasszicista stílusban tervezte meg.

Noha valóban a csillagda csodájára jártak mind Európából, mind Amerikából, a szabadságharc miatt programszerű működését sohasem kezdhetette meg. Nagy Károlyt a császáriak a szabadságharcban vállalt szerepe miatt letartóztatták, majd hogy birtokát a császárnak felajánlotta, előbb Bécsbe, majd Párizsba távozhatott. Két könyv kiadása után ott is halt meg, 1868-ban. Tudomásunk szerint nem maradt fenn róla portré.

Fm.: Elemi Arithmológia I.-II., Bécs 1835. – Die Sonne und die Astronomie, Leipzig, 1861. – Consideration sur les comets, Wien, 1862. – A Pons üstökös, Atheneum, 1838/II. köt. – A magyarországi mértékek, uo. 1839/I. köt.

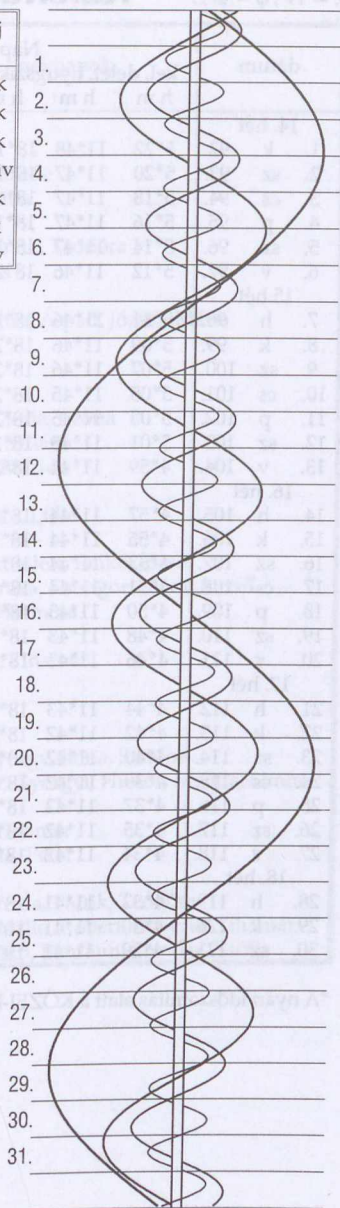
Biogr.: Bakos József: N.K. 1797 – 1868, reformkori természettudós élete és munkássága (A bicskei Nagy Károly városi könyvtár), Bp. 1994. – Kondor Gusztáv: N.K. Magyar Akadémia tag emlékezete, ÉMTK. V. k. 1. sz. 1877. (uo. a TTK 1877. kötetében). – Bartha L.: N.K., egy reformkori tudós az újvilágban, Földrajzi Múzeumi Tanulmányok, 1990. 8. sz. – Bartha L.: The first educational globes in Hungarian, Der Globusfreund, Wien, 1995. Nr. 43/44. – Wagner, Francis: N.K. levelezése az American Philosophical Society könyvtárában, Technikatört. Szemle, 1980–81. – Jelitai József: N.K. és bicskei csillagvizsgálója, (Csill. Lapok, 1941/3. sz.) – Pogg. III. – Élet és Tudomány, 1997/49. 1559. o.



A bicskei 19 cm-es Plössl-refraktor az Országos Műszaki Múzeumban (Rezsabek Nándor felvétele)

Jupiter-holdak

d	UT	hold	j	d	UT	hold	j	d	UT	hold	j
	h:m			h:m				h:m			
4.	4:06,9	G	fv	14.	3:25,7	I	fk	22.	2:28,0	I	ák
6.	4:12,4	I	ák	15.	2:48,4	I	áv		3:41,2	I	ek
7.	4:54,6	I	mv		2:54,1	G	ev		3:57,0	G	ek
8.	3:56,7	C	ev		3:59,4	I	ev	23.	3:17,3	I	mv
10.	4:43,0	E	fk	16.	3:51,0	C	fv	29.	2:58,6	G	ák
				19.	2:27,5	E	ák	30.	1:40,8	I	fk
								31.	2:20,7	I	ev



$\lambda = 19^\circ, \varphi = 47,5^\circ$

Kalendárium – április

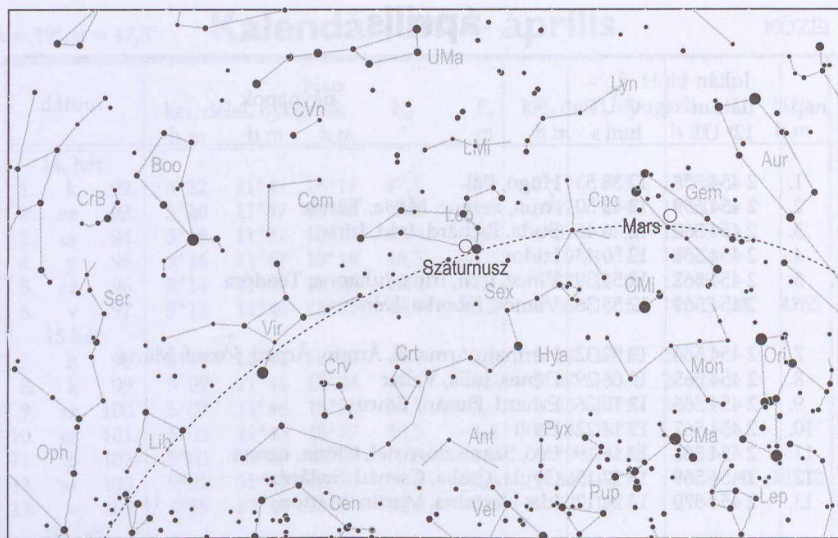
KÖZEI

dátum	Nap				E_t m	Hold			fázis h m
	kel h m	delel h m	nyugszik h m	h_d °		kel h m	delel h m	nyugszik h m	
14. hét									
1. k 92.	5*22	11*48	18*14	47,1	-3,9	3*19	7*52	12*34	
2. sz 93.	5*20	11*47	18*15	47,5	-3,6	3*42	8*40	13*50	
3. cs 94.	5*18	11*47	18*17	47,9	-3,3	4*01	9*28	15*08	
4. p 95.	5*16	11*47	18*18	48,3	-3,0	4*19	10*15	16*27	
5. sz 96.	5*14	11*47	18*20	48,6	-2,7	4*37	11*04	17*48	
6. v 97.	5*12	11*46	18*21	49,0	-2,5	4*56	11*55	19*13	● 4*55
15. hét									
7. h 98.	5*11	11*46	18*23	49,4	-2,2	5*19	12*50	20*40	
8. k 99.	5*09	11*46	18*24	49,8	-1,9	5*47	13*49	22*07	
9. sz 100.	5*07	11*46	18*25	50,1	-1,6	6*25	14*51	23*28	
10. cs 101.	5*05	11*45	18*27	50,5	-1,4	7*15	15*55	-	
11. p 102.	5*03	11*45	18*28	50,9	-1,1	8*19	16*58	0*36	
12. sz 103.	5*01	11*45	18*30	51,2	-0,8	9*34	17*57	1*28	○ 19*32
13. v 104.	4*59	11*44	18*31	51,6	-0,6	10*52	18*52	2*06	
16. hét									
14. h 105.	4*57	11*44	18*32	52,0	-0,3	12*10	19*41	2*34	
15. k 106.	4*55	11*44	18*34	52,3	-0,1	13*25	20*27	2*56	
16. sz 107.	4*53	11*44	18*35	52,7	+0,2	14*36	21*10	3*14	
17. cs 108.	4*51	11*44	18*37	53,0	+0,4	15*46	21*52	3*30	
18. p 109.	4*50	11*43	18*38	53,4	+0,6	16*54	22*33	3*45	
19. sz 110.	4*48	11*43	18*39	53,7	+0,8	18*02	23*15	4*00	
20. v 111.	4*46	11*43	18*41	54,1	+1,1	19*11	23*59	4*17	○ 11*25
17. hét									
21. h 112.	4*44	11*43	18*42	54,4	+1,3	20*20	-	4*37	
22. k 113.	4*42	11*42	18*44	54,8	+1,5	21*27	0*44	5*01	
23. sz 114.	4*40	11*42	18*45	55,1	+1,7	22*30	1*32	5*32	
24. cs 115.	4*39	11*42	18*46	55,4	+1,8	23*26	2*22	6*12	
25. p 116.	4*37	11*42	18*48	55,7	+2,0	-	3*13	7*01	
26. sz 117.	4*35	11*42	18*49	56,1	+2,2	0*13	4*05	8*00	
27. v 118.	4*34	11*42	18*51	56,4	+2,3	0*50	4*55	9*06	
18. hét									
28. h 119.	4*32	11*41	18*52	56,7	+2,5	1*19	5*44	10*17	● 15*12
29. k 120.	4*30	11*41	18*53	57,0	+2,6	1*43	6*31	11*30	
30. sz 121.	4*29	11*41	18*55	57,3	+2,8	2*03	7*18	12*44	

*A nyári időszámítás alatt a KÖZEI-ben megadott időpontokhoz egy órát hozzá kell adni!

április

nap	Julián dátum 12 ^h UT	θ_{gr} 0 ^h UT h m s	névnapok
1.	2 454 558	12 38 53	Hugó, Pál
2.	2 454 559	12 42 50	Áron, Ferenc, Mária, Tünde
3.	2 454 560	12 46 46	Buda, Richárd, Irén, Irina
4.	2 454 561	12 50 43	Izidor
5.	2 454 562	12 54 39	Vince, Irén, Irina, Julianna, Teodóra
6.	2 454 563	12 58 36	Vilmos, Bíborka, Dénes
7.	2 454 564	13 02 32	Herman, Armand, Ármin, Árpád, József, Mária
8.	2 454 565	13 06 29	Dénes, Júlia, Valter
9.	2 454 566	13 10 26	Erhard, Dusán, Vince
10.	2 454 567	13 14 22	Zsolt
11.	2 454 568	13 18 19	Leó, Szaniszló, Ariel, Glória, Leona
12.	2 454 569	13 22 15	Gyula, Csaba, Csanád, Szilárd
13.	2 454 570	13 26 12	Ida, Hermina, Martin, Márton
14.	2 454 571	13 30 08	Tibor, Benedek, Gusztáv, Lídia
15.	2 454 572	13 34 05	Anasztázia, Tas
16.	2 454 573	13 38 01	Csongor, Benedek, Bernadett, Enikő, József
17.	2 454 574	13 41 58	Rudolf, Anasztázia, Árnika, Csongor, Klára, Rezső
18.	2 454 575	13 45 55	Andrea, Ilma, Aladár, Hermina
19.	2 454 576	13 49 51	Emma, Malvin
20.	2 454 577	13 53 48	Tivadar, Aladár, Odett, Tihamér
21.	2 454 578	13 57 44	Konrád, Zsombor
22.	2 454 579	14 01 41	Csilla, Noémi
23.	2 454 580	14 05 37	Béla, Albert, Gellért, György, Ilona, Sándor
24.	2 454 581	14 09 34	György, Csaba, Debóra, Györgyi, Hunor, Melitta, Simon
25.	2 454 582	14 13 30	Márk, Ervin
26.	2 454 583	14 17 27	Ervin, Marcell, Mária, Tihamér
27.	2 454 584	14 21 24	Zita, Mariann, Marianna, Péter
28.	2 454 585	14 25 20	Valéria, Dorisz, Pál, Patrícia, Patrik, Teodóra
29.	2 454 586	14 29 17	Péter, Antónia, Kata, Katalin, Róbert, Roberta, Tihamér
30.	2 454 587	14 33 13	Katalin, Kitti, Hilda, Ildikó, Mariann, Tivadar, Zsófia



A déli égbolt április 15-én 20:00-kor (KÖZEI)

Bolygók

Merkúr: A hónap első felében megfigyelésre alkalmatlan helyzetben van, 16-án felső együttállásba kerül a Nappal. Ezt követően esti láthatósága gyorsan javul, az esti nyugati ég alján kereshető. A hónap végén másfél órával nyugszik a Nap után, újabb jó láthatóságot biztosítva a megtalálásához.

Vénusz: A hónap első felében még kereshető napkelte előtt a látóhatár közelében. Hónap elején fél órával, a végén negyed órával kel a Nap előtt. Fényessége $-3^m,8$, átmérője $10''$ alá csökken, fázisa 0,95-ről 0,98-ra nő.

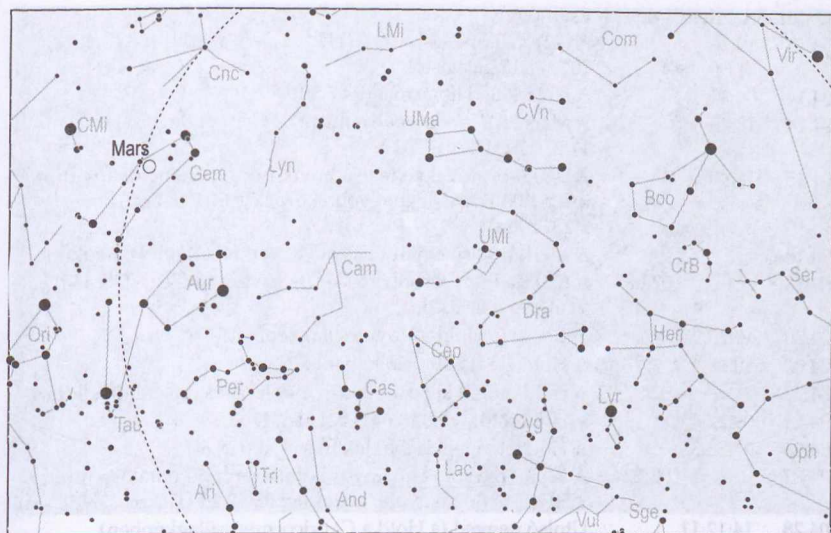
Mars: Előre tartó mozgást végez az Ikrék csillagképben. Éjfél után nyugszik, az éjszaka első felében látható. Fényessége és átmérője tovább csökken, előbbi $0^m,7$ -ről $1^m,2$ -ra, utóbbi $7''$ -ről $5,8''$ -re.

Jupiter: Előretartó mozgást végez a Nyilas csillagképben. Éjfél után kel, feltűnően látszik a hajnali ég alján. Fényessége $-2^m,2$, átmérője $39''$.

Szaturnusz: Hátráló mozgást végez az Oroszlán csillagképben. Hajnalban nyugszik, az éjszaka nagy részében megfigyelhető. Fényessége $0^m,4$, átmérője $19''$.

Uránusz: A Nap közelsége miatt nem figyelhető meg.

Neptunusz: Hajnalban kel. A szürkületben kereshető a Bak csillagképben, a keleti látóhatár közelében.



Az északi égbolt április 15-én 20:00-kor (KÖZEI)

Eseménynaptár

Dátum	Kezdet	Vége	Esemény
04.02	05:33,2		A Hold nyugati librációja ($l = -7,02$)
04.02		03:20	A 20%-os csökkenő fázisú holdkorong peremétől a Neptunusz $2^{\circ}54'15''$ -re (legnagyobb közelség 10:44:01 UT-kor $16'52''$ -ra)
04.04		03:45	48 ó 10 p-es holdsarló 3,7 fok magasan a hajnali égen
04.06	03:55:18		Újhold (a Hold a Pisces csillagképben)
04.06	10:09,0		A Hold minimális librációja ($l = -3,20$, $b = -5,35$)
04.06	17:53		13 ó 58 p-es holdsarló 2,3 fok magasan az esti égen
04.07	17:54		37 ó 59 p-es holdsarló 15,0 fok magasan az esti égen
04.07	19:21,8		A Hold földközeli (361 096 km, 1985,6")
04.08	19:02,0		A Hold déli librációja ($b = -6,59$)
04.10	15:19,4		A Hold eléri legnagyobb deklinációját ($+27,5^{\circ}$)
04.10	20:00		A (275) Sapientia kisbolygó (11 ^m 9) 8,2-re az NGC 4665 (10 ^m 5) jelű galaxistól
04.12	02:45	03:13	A Ganymedes (Jupiter-hold, 1,427 ^m átmérő, 5 ^m 0) elfedi a TYC 6310-00264-1 jelű csillagot (10 ^m 5)
04.12	18:31:48		Első negyed (a Hold a Gemini csillagképben)
04.13	18:44		A Mars $22'50''$ -re megközelíti az 48 Gem-t (legkisebb távolság 16:05:09 UT-kor $22'37''$)
04.13	19:10	21:00	A Hold elfedi a Praesepe-t (61,5%-os növekvő holdfázis, 50 fok horizont feletti magasság)

Dátum	Kezdeté	Vége	Esemény
04.13	19:26		A (22) Kalliope kisbolygó (11 ^m 1) 8,0'-re az M91 (NGC 4548, 10 ^m 2) jelű galaxistól
04.14	06:34,5		A Hold keleti librációja (l= 6,30)
04.14	18:45		A Mars 28°27"-re megközelíti az 52 Gem-et (legkisebb távolság 11:27:17 UT-kor 27°02")
04.15	18:47		A 80,0%-os növekvő fázisú holdkorong peremétől a Szaturnusz 3°00'17"-re (legnagyobb közelség 14:49:33 UT-kor 2°23'53"-ra)
04.16			A Merkúr felső együttállásban a Nappal (Naptól 0,6 fokra)
04.18		02:08	A (22) Kalliope kisbolygó (11 ^m 0) 3,2'-re az M88 (NGC 4501, 9 ^m 6) jelű galaxistól
04.20	10:25:25		Telihold (a Hold a Virgo csillagképben)
04.22	10:58,4		A Hold északi librációja (b= 6,63)
04.23		02:37:32	A Hold mögül kilép a 4 Sco (5 ^m 6, 93,4%-os csökkenő holdfázis)
04.23	09:22,4		A Hold földtávolban (405 921 km, 1766,3")
04.25	01:50,3		A Hold eléri legkisebb deklinációját (-28,6°)
04.27		02:22	A 64,5%-os csökkenő fázisú holdkorong peremétől a Jupiter 3°50'28"-re (legnagyobb közelség: 08:52:15 UT-kor 2°59'58"-ra)
04.28	14:12:11		Utolsó negyed (a Hold a Capricornus csillagképben)
04.30	09:26,3		A Hold nyugati librációja (l= -7,78)

Üstökös

46P/Wirtanen. Az Auriga és Gemini csillagképekben tartózkodó üstökös lassan eltűnik az észlelők szeme elől, a hó eleji 11 magnitúdós fényessége a hó végére megközelíti a 13 magnitúdót.

Kisbolygók

(5) **Astraea** és (41) **Daphne.** A hónap elején 6 fokra, a végén 9 fokra látszanak egymástól a ζ és a δ Virginis csillagok közelében. Előbbi 6-án, utóbbi 10-én kerül szembenállásba, fényességük 9,5 magnitúdó körül alakul, ami kedvezőnek számít, mivel mindkét égitest napközelpontja környékén tartózkodik. A csillagszegény környezet miatt nem sok érdekes együttállásuk lesz, talán csak a Daphne 13-ai 78 Virginis (23') illetve az Astraea 21-ei 12'-es NGC 4900 (GX) közelítése lehet érdekes.

A Hold elfedi a Praesepe csillaghalmazt

(2008.04.13. 19:10–21:00 UT) A 2007-ben elkezdődött Praesepe-fedési időszak a végéhez közeledik, 2018-ig bezáróan talán ez lesz az utolsó(előtti) alkalom, hogy a sokéves szünet előtt még egyszer megfigyeljük, lefotózzuk ezt a szép jelenséget. Természetesen a Fiasztúk-fedések szépségét semmi se tudja felülmúlni, de Praesepe-fedéseknek is ott van helye az amatőrcsillagász „egén”.

Április 13-án a Hold egy nappal az első negyed után lesz. A napnyugta 17:30 UT-kor következik be, több mint egy órával később, a navigációs szűrületkor már magasan lesz a horizont felett a holdkorong, és a halmaz szélső csillagait elkezdi elfedni. Negyedórával a csillagászati



szürkület előtt a fényesebb halmaztag-csillagok belépései kerülnek sorra a növekvő fázisú Hold sötét oldalán. Kisebb méretű távcsővel csak a néhány 7 magnitúdós halmaztag fedését láthatjuk, nagyobb teleszkóppal akár több tucat eseményt figyelhetünk meg. A holdkorong és a halmaz nagy fényességkülönbsége miatt nehéz olyan felvételt készítenünk, amely jól visszaadja a szabadszemes látványt, de ha különböző expozíciós idővel készített felvételeket kombinálunk, igazán látványos képeket rögzíthetünk. Leginkább a hosszabb fókuszú távcsövekkel vagy teleobjektívekkel készíthetünk maradandó alkotásokat.

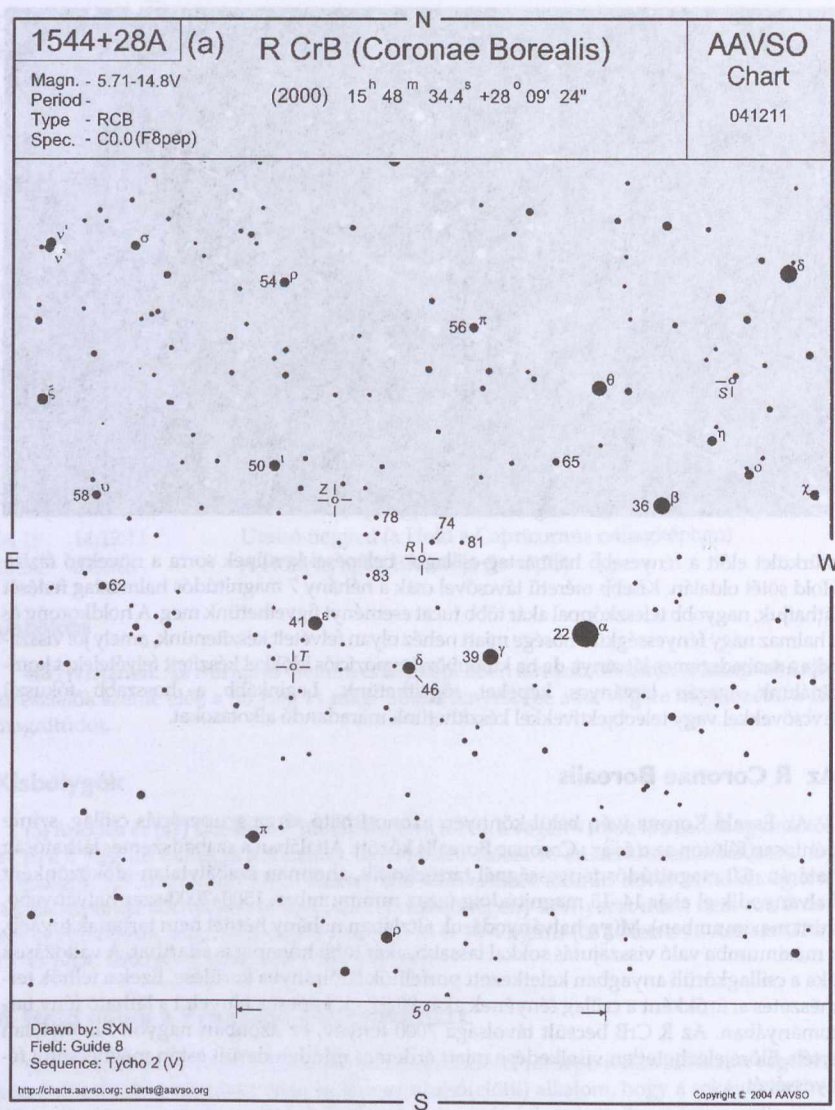
Az R Coronae Borealis

Az Északi Korona ívén belül könnyen azonosítható sárga szuperóriás csillag, szinte pontosan félúton az α és az ι Coronae Borealis között. Általában a szabadszemes láthatóság határán, 6,0 magnitúdós fényességnél tartózkodik, ahonnan szabálytalan időközönként halványodik el akár 14–15 magnitúdóig (azaz minimumban 1500–2000-szer halványabb, mint maximumban). Míg a halványodások általában néhány hétnél nem tartanak tovább, a maximumba való visszajutás sokkal lassabb, akár több hónapig is eltarthat. A változások oka a csillagkörüli anyagban keletkezett porfelhők látóirányba kerülése. Ezek a felhők természetes szűrőkként a csillag fényének akár 99,9%-át képesek elnyelni a látható fény tartományában. Az R CrB becsült távolsága 7000 fényév, ez azonban nagyon bizonytalan érték. Előrejelezhetetlen viselkedése miatt érdemes minden derült estén megbecsülni fényességét.

Évforduló

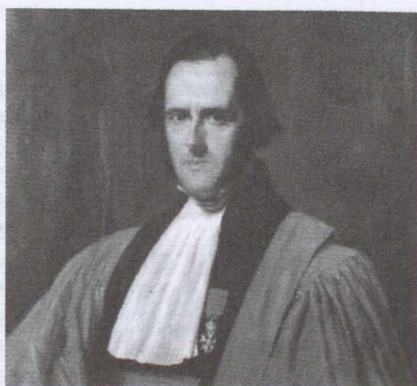
Édouard A. Roche 125 éve halt meg (1883. április 18.)

Francia matematikus, csillagász. Montpellier-ben született 1820-ban, és e város egyetemén is tanult, majd dolgozott a Tudományos Fakultáson 1849-től (később professzori mi-



nőségben is). Matematikailag vizsgálta a Naprendszer keletkezésének Laplace-féle ködhypotézisét, és eredményeit cikksorozatban jelentette meg a Montpellier Akadémiánál 1777-ig történő alkalmazása alatt (legfontosabbak az: Űstökösök (1860) és maga a Kőd-hipotézis 1873-ban). Tanulmányozta az erős gravitációs tér hatását kis részecskék tömegére. A leghíresebbé a Szaturnusz gyűrűinek létrejöttére vonatkozó elmélete tette (1848-ban tet-

te közzé, miszerint egy nagyméretű hold egy bizonyos kritikus távolságnál közelebb kerülve a Szaturnuszhoz, annak gravitációs ereje zúzza apróra). Ezzel megalapozta a bolygók árapálykeltő ereje miatti „kritikus övezet” fogalmát, ami a mai napig az ő nevét viseli. Másik híres munkája is az égi mechanikához kapcsolódik: matematikailag leírta annak közelítő feltételét, hogy két test körül keringő harmadikat az egyik vagy a másik befogja. A háromtest-probléma eme nevezetes problémakörének a kettőscsillagok fizikájára vonatkozó fogalomrendszere máig „kritikus Roche-lebeny” néven hivatkozik erre a „gravitációs hatásszférának” nevezhető térségére. A Francia Tudományos Akadémia levelező tagja volt.



Édouard Albert Roche (Forrás: Internet, Montpellier Egyetem honlapja)

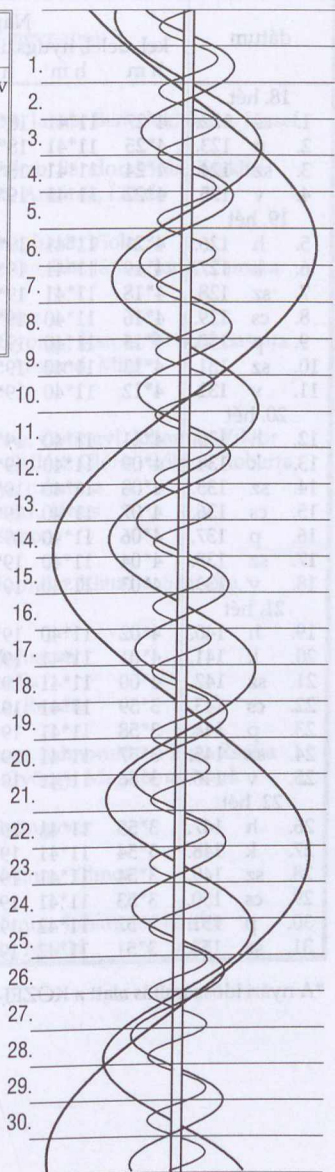
A Hold csillagfedései, március–április

Dátum	UT			J	Csillag			Hold		C	PA	A	B			
	hó	nap			h	m	s	ZC No	SAO					m	fázis	h
3	2	4	13	59	ki	2660	186704	6,2	30	-	9	85	D	261	1,6	1,2
3	9	18	32	47	be	117	109518	8,6	5	+	6	23	É	353	0,7	4,7
3	10	17	52	26	be	92621		9,1	12	+	26	72	É	46	0,6	0,0
3	11	18	7	56	be	75542		9,1	20	+	36	59	É	38	1,0	0,5
3	12	17	56	49	be	538	18 Tau	5,7	30	+	50	88	D	77	1,2	-0,7
3	12	18	50	42	be	76184		8,3	31	+	41	70	D	95	0,8	-1,5
3	12	19	21	55	be	555	76206	6,4	31	+	36	81	É	66	0,8	-0,6
3	12	20	52	42	be	571	76272	6,8	32	+	21	57	É	43	0,6	-0,1
3	12	21	9	17	be	574	76286	6,8	32	+	19	61	É	47	0,5	-0,3
3	13	17	51	9	be	76764		7,9	42	+	61	53	D	119	1,3	-2,0
3	13	18	11	41	be	76770		8,1	42	+	58	62	D	110	1,2	-1,7
3	13	21	10	19	be	76841		7,3	43	+	30	70	É	63	0,7	-0,7
3	14	18	8	18	be	890	136 Tau	4,6	53	+	67	81	É	81	1,7	-0,1
3	14	19	10	15	be	77711		7,9	54	+	59	50	D	129	1,0	-2,3
3	14	19	20	21	ki	890	136 Tau	4,6	54	+	57	-66	É	294	1,1	-1,8
3	14	19	38	35	be	77724		7,0	54	+	55	30	É	30	2,8	3,4
3	14	20	6	36	be	77753		7,2	54	+	50	61	D	119	0,8	-2,0
3	14	21	11	10	be	77804		7,3	54	+	40	38	É	38	1,9	1,0
3	14	21	26	5	be	906	77819	6,6	55	+	37	79	D	101	0,5	-1,6
3	15	19	33	45	be	1061	39 Gem	6,2	65	+	63	77	É	84	1,7	-0,4
3	15	19	57	32	be	1062	40 Gem	6,4	65	+	60	78	D	109	1,2	-1,4
3	15	21	27	16	be	78998		8,0	66	+	46	70	É	77	1,2	-0,9

Dátum hó nap	UT			J	Csillag			Hold		C		PA	A	B		
	h	m	s		ZC No	SAO	m	fázis	h						m/o	m/o
3	16	23	7	51	be	1215	7 Cnc	6,8	76	+	36	32	D	161	-0,3	-2,7
3	17	17	50	49	be	1322	98162	6,4	84	+	52	59	D	138	1,3	-1,0
3	18	18	47	47	be	98730		7,1	91	+	49	42	D	157	0,9	-1,9
3	20	17	55	54	be	1635	75 Leo	5,2	99	+	20	53	D	138	0,5	-0,2
3	20	19	12	43	be	1637	76 Leo	5,9	99	+	30	33	D	158	0,5	-1,2
3	22	22	0	34	ki	1845	157550	6,5	98	-	29	78	D	299	1,3	0,0
3	27	1	30	30	ki	2318	184184	6,6	75	-	14	56	É	318	1,2	-0,2
3	27	2	36	51	ki	2320	184205	7,0	75	-	15	86	D	280	1,9	-0,1
3	28	2	19	11	ki	2453	184990	6,6	67	-	13	72	D	259	1,9	0,7
3	29	2	5	21	ki	2586	186025	6,0	58	-	8	53	D	234	1,9	1,7
4	10	19	10	15	be	77330		8,8	28	+	39	79	D	96	0,6	-1,5
4	10	20	38	26	be	77389		8,1	28	+	24	56	D	120	-0,2	-1,8
4	10	21	43	30	be	77466		7,9	29	+	14	43	É	40	0,5	-0,1
4	11	22	56	28	be	1046	78795	7,0	40	+	12	85	É	89	-0,2	-1,2
4	11	23	17	42	be	1049	78813	6,8	41	+	9	87	D	98	-0,4	-1,2
4	12	18	47	2	be	79618		7,7	50	+	58	42	D	147	0,6	-2,6
4	12	20	7	8	be	79657		7,4	50	+	46	66	D	124	0,6	-2,0
4	12	21	59	22	be	1178	82 Gem	6,3	51	+	28	74	É	85	0,5	-1,3
4	13	18	53	53	be	97999		7,4	61	+	60	87	É	102	1,6	-0,9
4	13	19	23	44	be	1293	98010	6,8	61	+	57	86	D	109	1,4	-1,3
4	13	19	24	14	be	1292	38 Cnc	6,7	61	+	57	40	É	55	3,1	1,5
4	13	19	26	24	be	1294	98013	7,3	61	+	56	89	É	104	1,4	-1,2
4	13	19	27	31	be	98014		7,5	61	+	56	89	D	106	1,4	-1,3
4	13	19	39	10	be	98018		7,5	61	+	55	84	É	99	1,5	-1,1
4	13	19	44	17	be	1299	v Cnc	6,3	61	+	54	77	É	92	6,1	-1,6
4	13	19	45	58	be	1298	98021	6,4	61	+	54	48	É	63	2,5	0,4
4	13	19	47	2	be	98020		7,6	61	+	54	42	É	58	2,8	0,8
4	13	19	49	51	be	98009		7,6	61	+	53	29	D	166	0,1	-3,1
4	13	19	51	5	be	1297	98019	6,8	61	+	53	62	D	133	0,9	-2,0
4	13	20	5	46	be	1303	98032	6,8	61	+	52	52	É	67	2,2	-0,1
4	13	20	11	26	be	98027		7,8	61	+	50	47	D	148	0,5	-2,4
4	13	20	22	56	be	X 13184		8,0	61	+	49	70	D	125	0,8	-1,9
4	13	20	46	50	be	98053		7,9	62	+	46	55	É	70	1,8	-0,6
4	13	21	19	14	be	98054		7,9	62	+	40	24	D	171	-0,3	-3,0
4	13	22	36	41	be	1312	98098	6,8	62	+	28	90	É	105	0,4	-1,7
4	14	21	30	49	be	98654		7,9	72	+	42	88	D	111	1,0	-1,7
4	15	0	4	57	be	1425	98696	7,0	73	+	17	59	D	139	-0,1	-2,0
4	15	20	34	23	be	1516	118260	6,6	81	+	49	43	É	63	3,3	1,0
4	16	21	54	22	be	118693		7,7	88	+	40	52	D	148	0,8	-2,0
4	23	2	37	32	ki	2276	4 Sco	5,6	93	-	11	82	É	300	1,7	-1,4

Jupiter-holdak

d	UT	hold	j	d	UT	hold	j	d	UT	hold	j
	h:m				h:m				h:m		
4.	1:46,3	E	fk	13.	1:59,8	E	ek	22.	1:38,0	E	mv
6.	2:07,2	E	ev		2:06,6	E	áv		1:48,7	I	fk
	3:34,0	I	fk	14.	2:37,1	I	ák	23.	0:15,3	I	ek
7.	2:00,5	I	ek	15.	3:28,8	I	mv		1:13,7	I	áv
	2:57,7	I	áv	16.	0:37,9	I	ev		2:30,6	I	ev
8.	1:35,6	I	mv		0:55,4	G	fk	26.	23:55,8	G	ek
9.	2:09,3	G	mk	19.	1:03,0	C	mk	27.	3:08,9	G	ev
10.	2:20,6	C	ák	20.	2:00,3	E	ák	30.	0:52,8	I	ák
									2:06,9	I	ek
									3:07,5	I	áv



$\lambda = 19^\circ, \varphi = 47,5^\circ$

Kalendárium – május

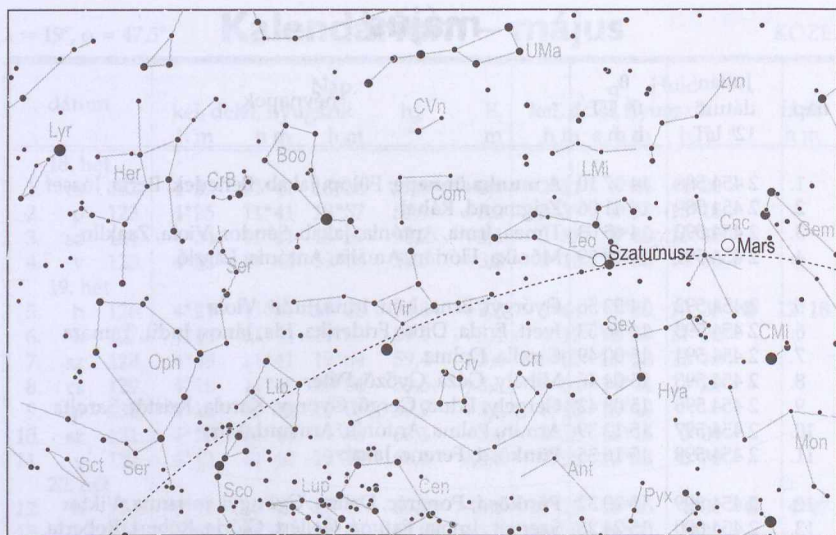
KÖZEI

dátum	Nap				E_t m	Hold			fázis h m
	kel h m	delel h m	nyugszik h m	h_d °		kel h m	delel h m	nyugszik h m	
18. hét									
1. cs 122.	4*27	11*41	18*56	57,6	+2,9	2*21	8*04	14*00	
2. p 123.	4*25	11*41	18*57	57,9	+3,0	2*39	8*51	15*18	
3. sz 124.	4*24	11*41	18*59	58,2	+3,1	2*57	9*40	16*40	
4. v 125.	4*22	11*41	19*00	58,5	+3,2	3*18	10*33	18*06	
19. hét									
5. h 126.	4*21	11*41	19*02	58,8	+3,3	3*44	11*30	19*35	● 13*18
6. k 127.	4*19	11*41	19*03	59,1	+3,4	4*17	12*33	21*02	
7. sz 128.	4*18	11*41	19*04	59,4	+3,4	5*03	13*38	22*19	
8. cs 129.	4*16	11*40	19*06	59,6	+3,5	6*04	14*44	23*20	
9. p 130.	4*15	11*40	19*07	59,9	+3,6	7*18	15*48	-	
10. sz 131.	4*13	11*40	19*08	60,1	+3,6	8*38	16*45	0*04	
11. v 132.	4*12	11*40	19*10	60,4	+3,6	9*58	17*38	0*36	
20. hét									
12. h 133.	4*11	11*40	19*11	60,7	+3,6	11*15	18*25	1*01	● 4*47
13. k 134.	4*09	11*40	19*12	60,9	+3,7	12*28	19*09	1*20	
14. sz 135.	4*08	11*40	19*13	61,2	+3,7	13*38	19*51	1*36	
15. cs 136.	4*07	11*40	19*15	61,4	+3,7	14*46	20*32	1*52	
16. p 137.	4*06	11*40	19*16	61,6	+3,6	15*54	21*14	2*07	
17. sz 138.	4*04	11*40	19*17	61,9	+3,6	17*01	21*57	2*24	
18. v 139.	4*03	11*40	19*18	62,1	+3,6	18*10	22*41	2*43	
21. hét									
19. h 140.	4*02	11*40	19*20	62,3	+3,5	19*17	23*29	3*05	
20. k 141.	4*01	11*41	19*21	62,5	+3,5	20*22	-	3*34	○ 3*11
21. sz 142.	4*00	11*41	19*22	62,7	+3,4	21*20	0*18	4*11	
22. cs 143.	3*59	11*41	19*23	62,9	+3,4	22*09	1*09	4*57	
23. p 144.	3*58	11*41	19*24	63,1	+3,3	22*49	2*00	5*53	
24. sz 145.	3*57	11*41	19*25	63,3	+3,2	23*21	2*51	6*57	
25. v 146.	3*56	11*41	19*27	63,5	+3,1	23*46	3*40	8*06	
22. hét									
26. h 147.	3*55	11*41	19*28	63,6	+3,0	-	4*27	9*17	
27. k 148.	3*54	11*41	19*29	63,8	+2,9	0*07	5*12	10*29	
28. sz 149.	3*54	11*41	19*30	64,0	+2,8	0*25	5*57	11*42	● 3*57
29. cs 150.	3*53	11*41	19*31	64,1	+2,6	0*42	6*42	12*56	
30. p 151.	3*52	11*42	19*32	64,3	+2,5	0*59	7*28	14*13	
31. sz 152.	3*51	11*42	19*33	64,4	+2,3	1*18	8*18	15*35	

*A nyári időszámítás alatt a KÖZEI-ben megadott időpontokhoz egy órát hozzá kell adni!

május

nap	Julián dátum 12 ^h UT	θ_{gr} 0 ^h UT h m s	névnapok
1.	2 454 588	14 37 10	A munka ünnepe; Fülöp, Jakab, Benedek, Berta, József
2.	2 454 589	14 41 06	Zsigmond, Ráhel
3.	2 454 590	14 45 03	Tímea, Irma, Antónia, Jakab, Sándor, Viola, Zsasklin
4.	2 454 591	14 48 59	Mónika, Flórián, Amália, Antónia, László
5.	2 454 592	14 52 56	Györgyi, Erna, Irén, Irina, Judit, Viola
6.	2 454 593	14 56 53	Ivett, Frida, Ditta, Friderika, Ida, János, Judit, Tamara
7.	2 454 594	15 00 49	Gizella, Dalma
8.	2 454 595	15 04 46	Mihály, Géza, Győző, Péter
9.	2 454 596	15 08 42	Gergely, Édua, Gergő, György, Karola, Kristóf, Sarolta
10.	2 454 597	15 12 39	Ármin, Pálma, Antónia, Armand, Míra
11.	2 454 598	15 16 35	Pünkösd; Ferenc, Jakab
12.	2 454 599	15 20 32	Pünkösd; Pongrác, Dalma, Gyöngyi, Johanna, Viktor
13.	2 454 600	15 24 28	Szervác, Imola, Fatima, Gellért, Glória, Róbert, Roberta
14.	2 454 601	15 28 25	Bonifác, Aglája, Gyöngyi, Julianna
15.	2 454 602	15 32 22	Zsófia, Szonja, Döníz, Izóra, János
16.	2 454 603	15 36 18	Mózes, Botond, János, Simon
17.	2 454 604	15 40 15	Paszkál, Andor
18.	2 454 605	15 44 11	Erik, Alexandra, Erika, Kamilla, Klaudia, Szandra
19.	2 454 606	15 48 08	Ivó, Milán
20.	2 454 607	15 52 04	Bernát, Felícia, Hanna, Johanna
21.	2 454 608	15 56 01	Konstantin, András, Mirella
22.	2 454 609	15 59 57	Júlia, Rita, Emil, Julianna, Renáta
23.	2 454 610	16 03 54	Dezső, Renáta, Vilmos
24.	2 454 611	16 07 51	Eszter, Eliza, Mária, Simon, Szimonetta, Vince, Zsófia
25.	2 454 612	16 11 47	Orbán, Gergely, Gergő, György, Magdolna, Márk
26.	2 454 613	16 15 44	Fülöp, Evelin, Aladár, Gyöngyvér
27.	2 454 614	16 19 40	Hella, Ágoston, Gyula
28.	2 454 615	16 23 37	Emil, Csanád, Ágoston, Vilma, Vilmos
29.	2 454 616	16 27 33	Magdolna, Mária
30.	2 454 617	16 31 30	Janka, Zsanett, Dezső, Hanna, Johanna, Nándor
31.	2 454 618	16 35 26	Angéla, Petronella, Mária, Matild



A déli égbolt május 15-én 20:00-kor (KÖZEI)

Bolygók

Merkúr: Egész hónapban látható este a nyugati ég alján, megfigyelésre igen kedvező helyzetben. 14-én van legnagyobb keleti kitérésben, $21,8^\circ$ távolságra látszik a Naptól. A hónap közepén még két, a végén már csak háromnegyed órával nyugszik a Nap után.

Vénusz: A Nap közelsége miatt nem figyelhető meg. Fényessége $-3^m,9$, átmérője $9,5''$, fázisa 0,98-ról 0,999-re nő.

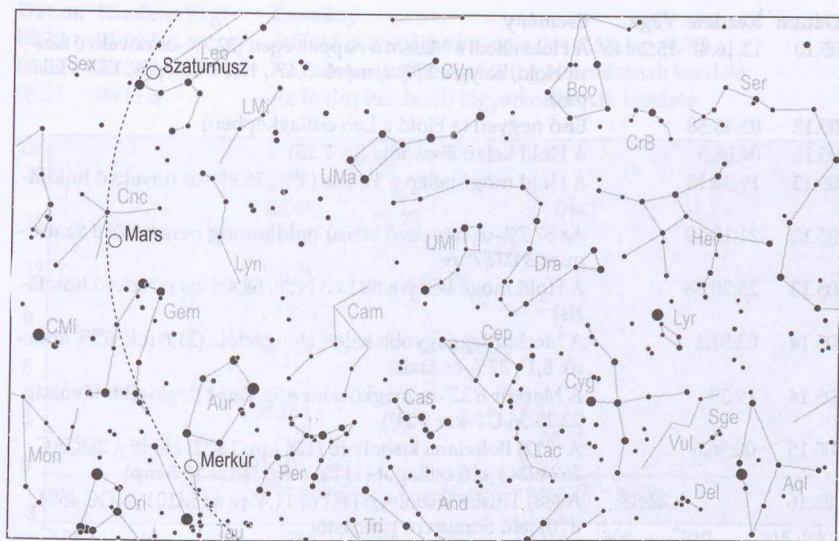
Mars: Előretartó mozgást végez előbb az Ikrek, majd a Rák csillagképben. Az éjszaka első felében látszik, éjfélkor nyugszik. Fényessége $1^m,2$ -ről $1^m,4$ -ra, átmérője $5,8''$ -ről $5''$ -re csökken.

Jupiter: Kezdetben előretartó, majd hátráló mozgást végez a Nyilas csillagképben. Éjfélkor kel, az éjszaka második felében feltűnően látszik a délkeleti ég alján. Fényessége $-2^m,4$, átmérője $43''$.

Szaturnusz: A hónap elején vált hátráló mozgásról előre tartó mozgásra. Éjfél után nyugszik, az éjszaka első felében látható az Oroszlán csillagképben. Fényessége $0^m,6$, átmérője $18''$.

Uránusz: Kora hajnalban kel. A hajnali délkeleti ég alján, közel a látóhatárhoz kereshető a Vízöntő csillagképben.

Neptunusz: Hajnalban kereshető a Bak csillagképben. A hónap végén mozgása előretartóból hátrálóra változik.



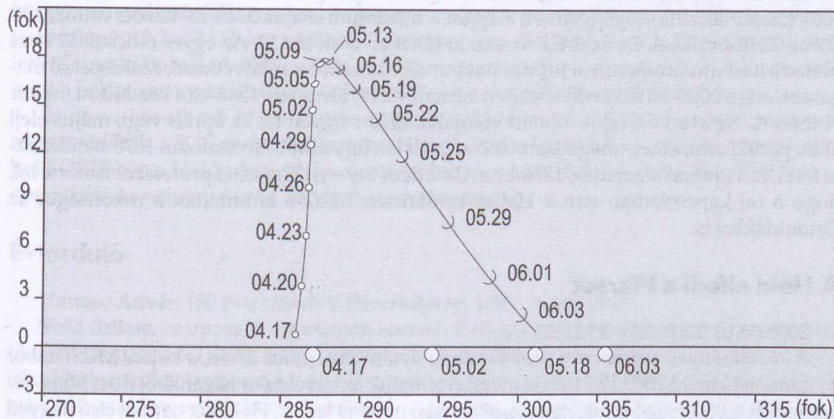
Az északi égbolt május 15-én 20:00-kor (KÖZEI)

Eseménynaptár

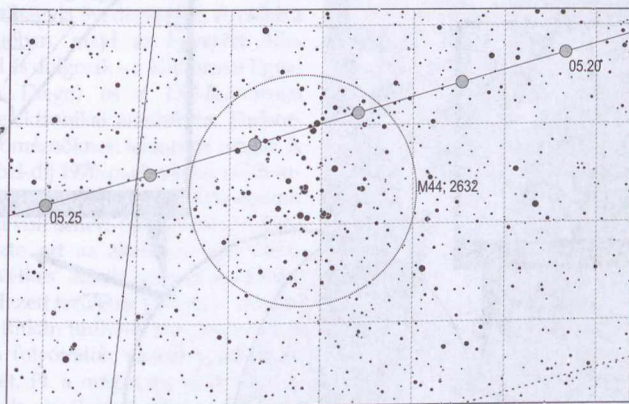
Dátum	Kezdet	Vége	Esemény
05.01	00:42,3		A (747) Winchester kisbolygó (172 km, 13 ^m 7) elfedi a TYC 0383-01269-1 jelű csillagot (12 ^m 0, 12,0 s-ig tart)
05.01	05:16,8		A Hold maximális librációja (l = -7,62, b = -2,04)
05.02	19:17		A Merkúr 1,9°-ra megközelíti a Plejádokat
05.03	19:19		A Merkúr 16'18"-re megközelíti a 32 Tau-t (legkisebb távolság 22:29:20 UT-kor 9'31")
05.04		02:47	33 ó 31 p-es holdsarló 3,9 fok magasan a hajnali égen
05.05	12:18:15		Újhold (a Hold az Aries csillagképben)
05.06	01:37,0		A Hold déli librációja (b = -6,49)
05.06	03:10,4		A Hold földközélnében (357 777 km, 2004,0")
05.06	17:05,3		A Hold minimális librációja (l = 0,91, b = -6,40)
05.06	18:38		30 ó 20 p-es holdsarló 10,5 fok magasan az esti égen (3,5 fok-ra a Plejádoktól)
05.06	18:02		A 2,5%-os növekvő fázisú holdkorong peremétől a Merkúr 3°09'30"-re (legnagyobb közelség: 22:31:33 UT-kor 1°19'02"-ra)
05.06	20:17		A (7) Iris kisbolygó (10 ^m 0) 8,3'-re az M104 (NGC 4594, 8 ^m 0) jelű Sombbrero-galaxistól
05.08	11:54,6		A Hold eléri legnagyobb deklinációját (+27,1°)
05.09	00:21		A (5) Astraea kisbolygó (10 ^m 3) 4'37"-re a 37 Vir-től (6 ^m 0)
05.09	07:12		A Merkúr dichotómiája (50,0% fázis)

Dátum	Kezdet	Vége	Esemény
05.10	12:16:47	13:26:46	A Hold elfedi a Marsot a nappali égen (32,7%-os növekvő fázisú Hold, bolygó: 1 ^m 3, átmérő: 5,47", 13,0 s belépés, 13,9 s kilépés)
05.12	03:46:58		Első negyed (a Hold a Leo csillagképben)
05.12	04:08,5		A Hold keleti librációja (l= 7,25)
05.12	19:34:13		A Hold mögé belép a 31 Leo (4 ^m 4, 56,9%-os növekvő holdfázis)
05.12	21:15:19		Az 57,7%-os növekvő fázisú holdkorong peremétől a Szaturnusz 3°03'57"-re
05.13	23:20:38		A Hold mögé belép a 58 Leo (4 ^m 8, 68,4%-os növekvő holdfázis)
05.14	03:51,1		A Merkúr legnagyobb keleti elongációja (21,8 fok, 0 ^m 5, átmérő: 8,1", 37%-os fázis)
05.14	19:39		A Merkúr 6'22"-re megközelíti a 98 Tau-t (legkisebb távolság 22:23:36 UT-kor 0'24")
05.15	00:36,6		A (712) Boliviana kisbolygó (128 km, 13 ^m 2) elfedi a 2UCAC 26949243 jelű csillagot (11 ^m 2, max. fedés 15,5 mp)
05.16		22:55	A (88) Thisbe kisbolygó (11 ^m 6) 11,4'-re az M104 (NGC 4594, 8 ^m 0) jelű Sombbrero galaxistól
05.19	12:26,6		A Hold északi librációja (b= 6,59)
05.19	19:48		A Mars 7'15"-re megközelíti az η Cnc-t (legkisebb távolság 2008.05.20, 00:42:23 UT-kor 2'37")
05.20	02:11:23		Telihold (a Hold a Libra csillagképben)
05.20	14:09,1		A Hold földtávolban (406 398 km, 1764,2")
05.20	22:41:31		A 99,2%-os csökkenő fázisú holdkorong peremétől az Antares 47'28"-re
05.21		23:51:49	A Hold mögül kilép a 43 Oph (5 ^m 3, 96,6%-os csökkenő holdfázis)
05.21		23:55,7	A Ganymedes (Jupiter-hold) fogyatkozásának vége
05.22	00:33,4		A Hold eléri legkisebb deklinációját (-28,4°)
05.22	01:02,2		A Callisto (Jupiter-hold) fogyatkozásának kezdete
05.22	18:25		A Mars áthalad az M44 (Praesepe) nyílthalmaz előtt (2008.05.22-25)
05.22	22:21:16		A Mars 17"-re megközelíti a TYC 1398-00075-1-et (9 ^m 2)
05.23	06:57,1		A Hold minimális librációja (l= -3,69, b= 4,66)
05.27		01:14:48	A Hold mögül kilép a 44 Cap (5 ^m 9, 61,0%-os csökkenő holdfázis)
05.27		01:29	A 61%-os csökkenő fázisú holdkorong peremétől a Neptunusz 26'03"-ra (legnagyobb közelség: 03:08:11 UT-kor -4"-re, azaz súroló fedés)
05.28	02:56:34		Utolsó negyed (a Hold az Aquarius csillagképben)
05.28	13:19,5		A Hold nyugati librációja (l= -7,84)
05.28	20:00:31		A Mars 17"-re megközelíti a TYC 1396-01690-1-et (9 ^m 9)
05.29		01:27	A 40,0%-os csökkenő fázisú holdkorong peremétől az Uránusz 3°06'21"-re (legnagyobb közelség: 05:34:25 UT-kor 2°28'05"-re)

Dátum	Kezdet	Vége	Esemény
05.30	01:06,8		A Hold maximális librációja ($l = -7,33$, $b = -4,30$)
05.30	22:34,1		Az Europa (Jupiter-hold) fogyatkozásának kezdete
05.31	00:11,6		Az Io (Jupiter-hold) fogyatkozásának kezdete



05.14. A Merkúr legnagyobb keleti elongációja (21,8 fok, $0^m 5$, átmérő: 8,1", 37%-os fázis)



05.22. A Mars áthalad az M44 (Praesepe) nyílthalmaz előtt

Az Éta Aquaridák meteorraj

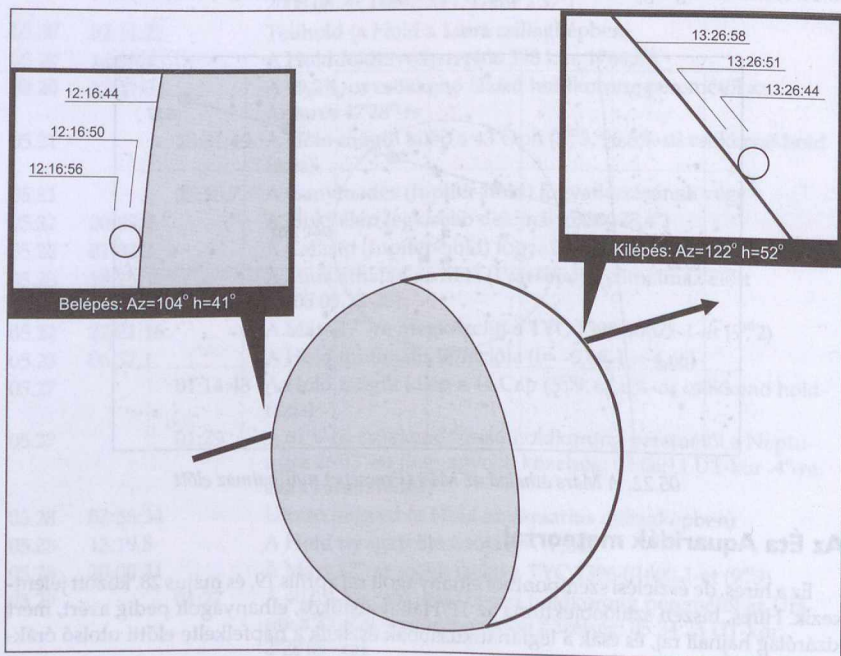
Ez a híres, de észlelési szempontból elhanyagolt raj április 19. és május 28. között jelentkezik. Híres, hiszen szülőobjektuma az 1P/Halley-üstökös, elhanyagolt pedig azért, mert kizárólag hajnali raj, és csak a legfanatikusabbak érzékelik a napfelkelte előtti utolsó órák-

ban. Októberben a Föld ismét keresztezi az áramlat pályáját, ekkor tűnik fel a Halley-üstökös másik szép meteorraja, az Orionidák. Az Éta Aquaridák maximuma általában május 6-a körül van. Gyors, gyakran fényes tagok alkotják. Mivel a radiáns alacsonyan van, az Aquarius csillagképben, így a meteorok hosszú, sokáig megmaradó nyomot hagynak. Maximuma viszonylag hosszú ideig tart, és a legutóbbi vizsgálatok szerint változó. Az 1984 és 2001 között készült megfigyelések alapján a maximum május 3. és 10. között változik 30 körüli ZHR-értékkel. Ez az érték az északi féltekén csak kb. 10. Az egyes csúcsok 12 éves periodicitást mutatnak, ami a Jupiter hatásának tudható be. A következő, szokásosnál magasabb csúcs 2008–2010 körüli években várható. A raj története 1863-ban kezdődött, mikor Hubert A. Newton ősi rajok adatait vizsgálta. Ekkor figyelt fel az április végi, május eleji aktív periódusra, amely megérdemelné az észlelők figyelmét. Hivatalosan 1870-ben fedezte fel G. L. Tupman alezredes. 1876-ban Alexander Stewart Herschel professzor ismerte fel, hogy a raj kapcsolatban van a Halley-üstökössel. Később kimutatták a rokonságot az Orionidákkal is.

A Hold elfedi a Marsot

2008.05.10. 12:16:23 – 13:26:53 UT.

A körülmények szerencsés összejátszása folytán 2006. július 27-én, a tarjáni MCSE tábor nyitónapján, majd 2007.12.24-én is megfigyelhettük az egyébként hazánkból ritka Mars-fedést. A 2008.05.10-i fedés (akárcsak a 2006-os is) nappali lesz. A Hold két nappal első negyed előtt lesz 32,4%-os fázissal, 70 fokos elongációban a Naptól, magasan az égen. A belépés Bu-



dapesten 12:16:23 UT-kor a Hold sötét oldalán várható, 42 fokkal a horizont felett, PA 87 foknál. Ekkor a Mars átmérője 5,5" (oppozíció után 5 és fél hónappal), 91,1%-os fázisú és 1^m3 fényességű. Mivel nem pontszerű égitest a Mars, hanem jelentős a kiterjedése, nem egy pillanat alatt tűnik el a Hold korogja mögött, hanem 13 másodperc alatt. Mivel a bolygó fényessége nagy területen oszlik el, nagyon nehéz lesz a nappali égen megfigyelni, mindenképpen nagy átmérőjű távcsövet és közepes nagyítást használjunk. A 13,9 másodpercig tartó kilépés 13:26:53 UT-kor várható, 53 fok magasan, PA 309 foknál, a Mare Crisium melletti Gauss-kráternél. A fényes holdkorong még nehezebb helyzetbe hozza az észlelőt, mint a belépéskor, igazi észlelési teljesítmény lesz megpillantani a kilépő bolygót.

Sajnos a következő Mars-fedés egészen 2022. december 8-ig várni kell, amikor is megismétlődik a 2007-es fedés koreográfiája: az oppozícióban levő Marsot elfedi a telehold (2022-ben a Hold közelebb lesz a teleholdhoz, a Mars bolygó pedig közelebb lesz az oppozícióhoz néhány órával a fedés bekövetkeztekor).

Évforduló

Hannes Alfvén 100 éve született (Norrköping, 1908. május 30.)

Svéd fizikus, az uppsalai egyetemen szerzett PhD-t, az ultrarövid elektromágneses hullámok vizsgálatából (1934). Ez idő tájt mind Uppsalában, mind a Nobel Fizikai Intézetben (Stockholm) fizikát tanít, majd 1940-től a stockholmi Royal Institute of Technology (Svéd Királyi Műszaki Intézet) elektromágneses elméleti és elektromos mérés technikai professzora. 1945-ben megszerezzi az „elekttronikai igazgató” címet, majd ezt 1963-ban „plazmafizikai igazgató”-ra változtatják. 1967-ban elhagyja Svédországot, és előbb a Szovjetunióban, majd az Egyesült Államokban él és dolgozik – a Kaliforniai Egyetem (San Diego) és a Dél-Kaliforniai Egyetem elektronikai tanszékein. Elsősorban elektromérnöknek tekintette magát. A fizikai Nobel-díj 1970-es elnyerése előtti tudományos karrierje során nem kifejezetten vezetőként volt ismert, bár ekként is dolgozott. Élvezte azt az általános kijelentést, hogy ő a „vétkes” abban, hogy új, korábban fel sem fedezett területek nyíltak az asztrofizikában. Ritkán tudhatta magáénak a tudományos folyóiratok vezető tudósainak egyetértését. Pl. a mágneses viharok és a sarki fények elméletéről írt (az amerikai Terrestrial Magnetism and Atmospheric Electricity folyóirathoz benyújtott) alapművét azzal utasították el, hogy az akkori fizika konvencionális elméleti szerinti számításoknak nem felel meg. Túlzottan „újító”-nak tekintette sok fizikus. Stuewer írta róla: „mindig is elkeseredett kívülálló ma-



Alfvén a Nobel-díj átvételekor (forrás: Wikipedia)

radt, tudóstársai által kevésbé respektált, még a Nobel-díj elnyerése után is!” Tudományos munkásságának vezérlő motívuma az elektromosság és a mágnesesség szerepe a kozmikus jelenségekben. A magnetohidrodinamika egyik megalapozójának tekintik. Eredményei alapvetően járultak hozzá a plazmafizikához, a bolygóközi tér és a Nap jelenségeinek kutatásához (üstökösök, napszél, Nap–Föld kapcsolat), a Föld magnetoszférájának fizikájához (sarki fények, Van Allen sugárzási övek elmélete, mágneses viharok), valamint a Naprendszer(ek!) keletkezése részleteinek valamint a galaktikus plazma és mágneses tér tulajdonságainak feltárásához. Munkásságának köszönhető műszaki tudományterületek: részecskenyálb-gyorsítók, ellenőrzött termonukleáris fúziós kísérletek, hiperszonikus repülés, rakétahajtóművek, és űreszközök légkörbe történő visszatérésének elve.

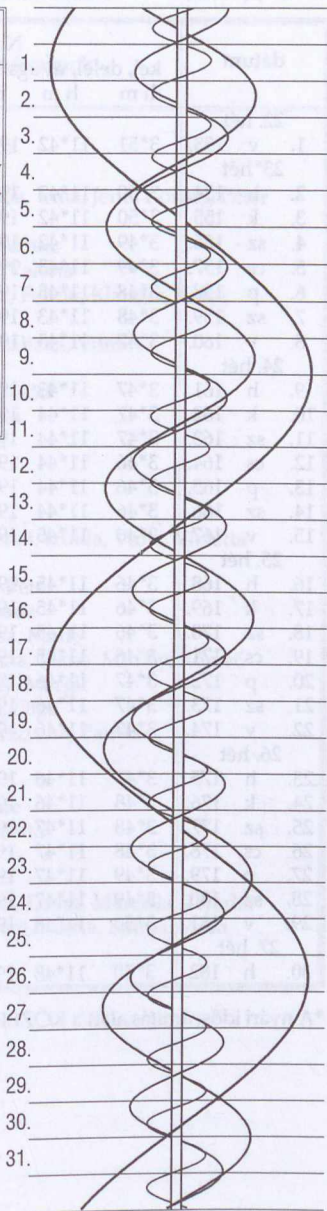
Néhány kiemelendő konkrétum: pl. plazmafizikai megfontolásokkal értelmezni tudta, hogy miért csökken a naptevékenység fokozódásával a kozmikus sugárzás. Már 1943-ban kimutatta, hogy a korai univerzumban áramló plazmától származtatható a galaxisok mágneses tere. Megtalálta a Nap impulzusmomentumának a bolygóknak történő átadási mechanizmusát, és ezzel feloldja a Laplace-elmélet ellentmondásait. Könyvet írt a Naprendszer eredetéről (1956) és a kozmikus elektrodinamikáról (1963). A 60-as évektől a kozmikus háttérsugárzással is foglalkozott. Az ősrobbanás Big Bang elméletét sokkal inkább „iskolatáblákon matematikailag levezetett elmélet”-nek tekintette, semmint az észlelési tényekből kiindulóknak. Kollégáival egy alternatív kozmológiai elméletet dolgozott ki (Alfvén–Klein-modell). Mellőzöttségét némiképp ellensúlyozza, hogy számtalan tudományos társaság és akadémia választotta tagjai sorába, és értékelte munkáját díjakkal (pl. 1967: a brit Royal Astronomical Society aranyérme, 1971: a Szovjet Tudományos Akadémia Lomonoszov Aranyérme). 1991-ben a Kaliforniai Egyetem elektromérnök professzoraként és a Svéd Királyi Műszaki Intézet plazmafizikus professzoraként vonult nyugdíjba. 86 éves korában, 1995. ápr. 2-án halt meg, Djursholmban (Svédország). 5 gyermeke közül az egyik fiú apja nyomdokaiba lépve fizikus lett. A csillagász szakma az 1778. sorszámú kisbolygó róla történő elnevezésével is tisztelgett munkássága előtt.

A Hold csillagfedései májusban

Dátum		UT			J	Csillag			Hold		C		PA	A	B	
hó	nap	h	m	s		ZC No	SAO	m	fázis	h			m/o	m/o		
5	8	19	20	23	be	78245		8,3	15	+	25	73	É	72	0,4	-1,0
5	9	20	51	10	be	79406		8,6	25	+	19	76	É	84	0,1	-1,3
5	9	21	17	23	be	79426		8,4	25	+	15	84	D	104	-0,2	-1,4
5	10	20	7	6	be	1261	80164	7,3	35	+	32	60	D	133	0,2	-2,0
5	11	21	27	34	be	1385	98517	6,6	47	+	24	25	É	43	2,3	0,4
5	12	19	34	13	be	1486	31 Leo	4,4	57	+	44	60	D	141	0,8	-2,0
5	12	20	42	3	ki	1486	31 Leo	4,4	57	+	35	-89	D	289	0,9	-1,7
5	12	20	56	49	be	118138		7,1	57	+	32	33	D	167	0,0	-2,5
5	13	23	20	38	be	1599	58 Leo	4,8	68	+	12	31	É	53	0,8	-0,8
5	21	23	41	59	ki	2505	43 Oph	5,3	97	-	14	28	É	349	1,1	-2,7
5	24	1	18	58	ki	2804	187835	5,8	86	-	16	12	É	345	0,1	2,1
5	27	1	14	48	ki	3177	44 Cap	5,9	61	-	17	76	É	265	1,3	1,4

Jupiter-holdak

d	UT	hold	j	d	UT	hold	j	d	UT	hold	j
	h:m				h:m				h:m		
1.	1:39,9	I	mv	15.	0:31,1	G	mv	23.	1:02,3	I	ák
4.	1:55,6	G	áv		1:07,5	E	ek		2:02,3	I	ek
6.	1:27,0	E	fk		1:38,2	E	áv		22:18,2	I	fk
7.	2:46,4	I	ák		1:56,6	I	fk	24.	0:45,8	E	mv
8.	0:03,4	I	fk		23:08,5	I	ák		1:33,1	I	mv
	1:25,3	E	ev	16.	0:14,1	I	ek		22:45,2	I	ev
	23:29,7	I	áv		1:23,7	I	áv	29.	0:43,6	G	fk
9.	0:40,5	I	ev		2:29,9	I	ev	30.	22:34,1	E	fk
11.	2:48,2	G	ák		23:45,6	I	mv	31.	0:11,6	I	fk
14.	0:41,8	C	ek	21.	23:55,7	G	fv		22:16,2	I	ek
	22:57,3	E	ák	22.	0:50,2	G	mk		23:40,4	I	áv
					1:02,2	C	fk				
					1:30,6	E	ák				



$\lambda = 19^\circ, \varphi = 47,5^\circ$

Kalendárium – június

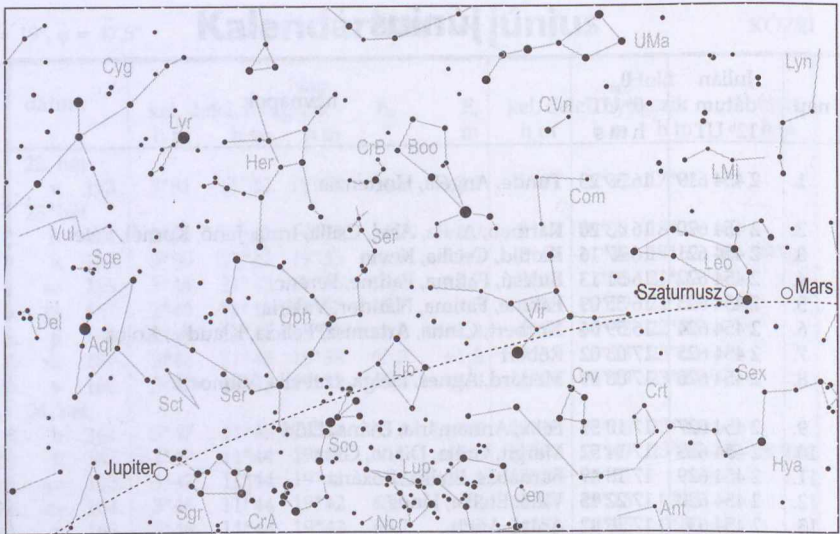
KÖZEI

dátum	Nap					Hold			fázis
	kel	delel,	nyugszik	h_d	E_t	kel	delel,	nyugszik	
	h m	h m	h m	°	m	h m	h m	h m	h m
22. hét									
1. v 153.	3*51	11*42	19*34	64,6	+2,2	1*41	9*12	17*01	
23* hét									
2. h 154.	3*50	11*42	19*34	64,7	+2,0	2*10	10*11	18*29	
3. k 155.	3*50	11*42	19*35	64,8	+1,9	2*49	11*15	19*52	● 20*23
4. sz 156.	3*49	11*42	19*36	64,9	+1,7	3*43	12*23	21*02	
5. cs 157.	3*49	11*43	19*37	65,1	+1,5	4*53	13*29	21*56	
6. p 158.	3*48	11*43	19*38	65,2	+1,3	6*13	14*32	22*34	
7. sz 159.	3*48	11*43	19*38	65,3	+1,2	7*37	15*28	23*02	
8. v 160.	3*47	11*43	19*39	65,4	+1,0	8*58	16*19	23*24	
24. hét									
9. h 161.	3*47	11*43	19*40	65,4	+0,8	10*15	17*06	23*42	
10. k 162.	3*47	11*44	19*41	65,5	+0,6	11*27	17*49	23*58	● 16*04
11. sz 163.	3*47	11*44	19*41	65,6	+0,4	12*37	18*31	–	
12. cs 164.	3*46	11*44	19*42	65,6	+0,2	13*45	19*13	0*13	
13. p 165.	3*46	11*44	19*42	65,7	–0,0	14*53	19*55	0*30	
14. sz 166.	3*46	11*44	19*43	65,8	–0,2	16*01	20*39	0*48	
15. v 167.	3*46	11*45	19*43	65,8	–0,5	17*09	21*25	1*09	
25. hét									
16. h 168.	3*46	11*45	19*44	65,9	–0,7	18*14	22*14	1*36	
17. k 169.	3*46	11*45	19*44	65,9	–0,9	19*14	23*05	2*10	
18. sz 170.	3*46	11*45	19*44	65,9	–1,1	20*07	23*56	2*54	○ 18*30
19. cs 171.	3*46	11*45	19*45	65,9	–1,3	20*50	–	3*47	
20. p 172.	3*47	11*46	19*45	65,9	–1,5	21*24	0*47	4*49	
21. sz 173.	3*47	11*46	19*45	65,9	–1,7	21*50	1*37	5*57	
22. v 174.	3*47	11*46	19*45	65,9	–2,0	22*12	2*25	7*08	
26. hét									
23. h 175.	3*47	11*46	19*45	65,9	–2,2	22*31	3*10	8*19	
24. k 176.	3*48	11*46	19*45	65,9	–2,4	22*48	3*55	9*31	
25. sz 177.	3*48	11*47	19*45	65,9	–2,6	23*04	4*39	10*43	
26. cs 178.	3*48	11*47	19*45	65,9	–2,8	23*22	5*23	11*57	● 13*10
27. p 179.	3*49	11*47	19*45	65,8	–3,0	23*42	6*10	13*14	
28. sz 180.	3*49	11*47	19*45	65,8	–3,2	–	7*00	14*36	
29. v 181.	3*50	11*48	19*45	65,7	–3,4	0*07	7*55	16*00	
27. hét									
30. h 182.	3*50	11*48	19*45	65,6	–3,6	0*40	8*55	17*24	

*A nyári időszámítás alatt a KÖZEI-ben megadott időpontokhoz egy órát hozzá kell adni!

június

nap	Julián dátum 12 ^h UT	θ_{gr} 0 ^h UT h m s	névnapok
1.	2 454 619	16 39 23	Tünde, Angéla, Hortenzia
2.	2 454 620	16 43 20	Kármén, Anita, Ábel, Csilla, Irma, Jenő, Kornél, Péter
3.	2 454 621	16 47 16	Klotild, Cecília, Kevin
4.	2 454 622	16 51 13	Bulcsú, Fatima, Fatime, Ferenc
5.	2 454 623	16 55 09	Fatime, Fatima, Nándor, Valéria
6.	2 454 624	16 59 06	Norbert, Cintia, Artemisz, Felícia, Klaudia, Kolos
7.	2 454 625	17 03 02	Róbert
8.	2 454 626	17 06 59	Medárd, Ágnes, Helga, Izabella, Vilmos
9.	2 454 627	17 10 55	Félix, Annamária, Diána, Előd
10.	2 454 628	17 14 52	Margit, Gréta, Diána, Gitta
11.	2 454 629	17 18 49	Barnabás, Etelka, Roxána
12.	2 454 630	17 22 45	Villó, Etelka, János
13.	2 454 631	17 26 42	Antal, Anett
14.	2 454 632	17 30 38	Vazul
15.	2 454 633	17 34 35	Jolán, Vid, Ábrahám, Bernát, Izolda, Viola, Violetta
16.	2 454 634	17 38 31	Jusztin, Ferenc, Jusztina, Péter
17.	2 454 635	17 42 28	Laura, Alida, Alinka, Terézia
18.	2 454 636	17 46 24	Arnold, Levente, Dolóresz, Márk
19.	2 454 637	17 50 21	Gyárfás, Hajnalka, Julianna, Liána, Mihály, Rómeó
20.	2 454 638	17 54 18	Rafael, Benigna, Koppány, Margit
21.	2 454 639	17 58 14	Alajos, Leila, Lejla, Lujza, Olga
22.	2 454 640	18 02 11	Paulina, Ákos, Kriszta, Krisztina, Tamás
23.	2 454 641	18 06 07	Zoltán, Édua
24.	2 454 642	18 10 04	Iván, Beáta, János, Levente
25.	2 454 643	18 14 00	Vilmos, Vilma, Viola, Violetta
26.	2 454 644	18 17 57	János, Pál, Dávid, Örs
27.	2 454 645	18 21 53	László, Olga
28.	2 454 646	18 25 50	Levente, Irén, Gyula, Irina, Laura, Marcella, Tivadar
29.	2 454 647	18 29 47	Péter, Pál, Aladár, Aliz, Beáta, Ditta, Emma, Petra
30.	2 454 648	18 33 43	Pál, Ditta, Judit



A déli égbolt június 15-én 20:00-kor (KÖZEI)

Bolygók

Merkúr: A hónap első felében nem látható, 6-án van alsó együttállásban a Nappal. Az ekliptikához viszonyított kedvezőtlen elhelyezkedése miatt csak a hónap utolsó harmadában kereshető a hajnali szürkületben a keleti ég alján, közel a látóhatárhoz. 31-én is csak egy órával kel a Nap előtt.

Vénusz: 9-én felső együttállásban a Nappal. A hónap végén már kereshető napnyugtán a nyugati látóhatár közelében, de ekkor is csak háromnegyed órával nyugszik a Nap után. Fényessége $-3^m,9$, átmérője $9,5''$, fázisa 0,999-ről 1,0-ra nő, majd 0,99-ra csökken.

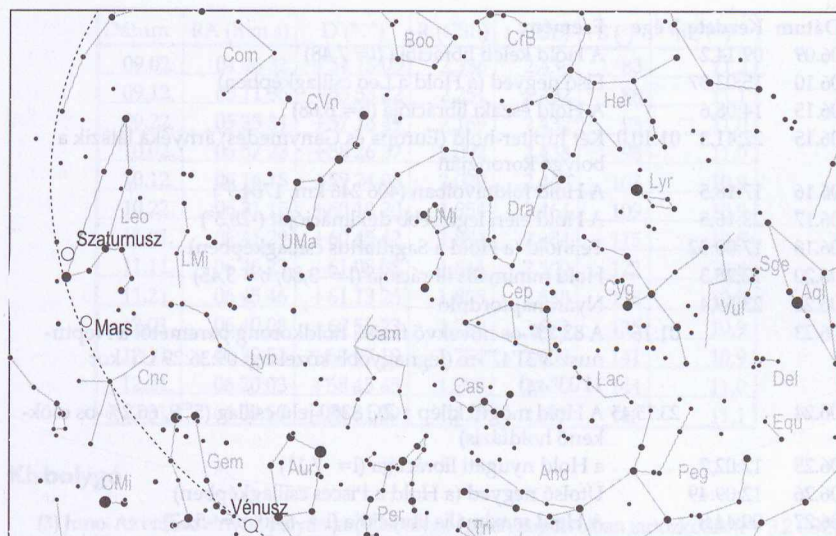
Mars: Az esti és kora éjszakai órákban látható a Rák, majd az Oroszlán csillagképben. Éjfél előtt nyugszik. Fényessége lassan $1^m,4$ -ről $1^m,6$ -ra, átmérője $4,9''$ -ről $4,4''$ -re csökken.

Jupiter: Hátráló mozgást végez a Nyilas csillagképben. Kora este kel, az éjszaka nagy részében feltűnően látható a déli ég alján. Fényessége $-2^m,6$, átmérője $46''$.

Szaturnusz: Előretartó mozgást végez az Oroszlán csillagképben. Éjfélkor nyugszik, az éjszaka első felében látható. Fényessége $0^m,7$, átmérője $17''$.

Uránusz: Előretartó mozgása a hónap végén vált hátrálóra a Vízöntő csillagképben. Éjfél után kel, az éjszaka második felében látható.

Neptunusz: Éjfél körül kel. Az éjszaka második felében kereshető a Bak csillagképben.



Az északi égbolt június 15-én 20:00-kor (KÖZEI)

Eseménynaptár

Dátum	Kezdet	Vége	Esemény
06.02		02:11	41 ó 11 p-es holdsarló 8,2 fok magasan a hajnali égen
06.02	08:36,1		A Hold déli librációja ($b = -6,53$)
06.03		02:10	17 ó 12 p-es holdsarló 2,1 fok magasan a hajnali égen (3,0 fokra a Plejádoktól)
06.03	13:04,0		A Hold földközlelben (357 247 km, 2007,0")
06.03	19:22:37		Újhold (a Hold a Taurus csillagképben)
06.04	11:24,7		A Hold eléri legnagyobb deklinációját ($+27,2^\circ$)
06.04	19:16		23 ó 54 p-es holdsarló 5,2 fok magasan az esti égen
06.05	19:17		47 ó 55 p-es holdsarló 13,0 fok magasan az esti égen
06.06	22:08		A (44) Nysa kisbolygó ($10^m 6$) $2'20''$ -re az φ Oph-tól ($4^m 4$)
06.07	01:10,7		Az Europa (Jupiter-hold) fogyatkozásának kezdete
06.07	02:05,1		Az Io (Jupiter-hold) fogyatkozásának kezdete
06.07	15:26,7		A Merkúr alsó együttállásban a Nappal (Naptól 2,8 fokra)
06.07	21:00		A 22,1%-os növekvő fázisú holdkorong peremétől a Mars $3^\circ 08' 51''$ -re (legnagyobb közelség: 2008.06.08, 01:29:26 UT-kor $1^\circ 37' 13''$ -re)
06.08	20:48	21:54,3	Két Jupiter-hold (Europa és Ganymedes) árnyéka látszik a bolygó korongján
06.09	04:18,3		A Vénusz felső együttállásban a Nappal (Naptól 0,05 fokra)

Dátum	Kezdeté	Vége	Esemény
06.09	09:14,2		A Hold keleti librációja ($l = 7,48$)
06.10	15:03:37		Első negyed (a Hold a Leo csillagképben)
06.15	14:08,6		A Hold északi librációja ($b = 6,68$)
06.15	22:41,3	01:10,0	Két Jupiter-hold (Europa és Ganymedes) árnyéka látszik a bolygó korongján
06.16	17:18,5		A Hold földtávolban (406 246 km, 1764,9°)
06.17	23:16,5		A Hold eléri legkisebb deklinációját ($-28,3^\circ$)
06.18	17:30:32		Telihold (a Hold a Sagittarius csillagképben)
06.20	12:28,3		Hold minimális librációja ($l = -3,80$, $b = 3,45$)
06.20	23:59,4		Nyári napforduló
06.23		01:16	A 83,2%-os növekvő fázisú holdkorong peremétől a Neptunusz $3^\circ 31' 47''$ -re (legnagyobb közelség: 09:36:29 UT-kor $11' 03''$ -ra)
06.24		23:15:45	A Hold mögül kilép a ZC 3380 jelű csillag ($5^m 9$, 66,2%-os csökkenő holdfázis)
06.25	12:02,7		a Hold nyugati librációja ($l = -7,11$)
06.26	12:09:49		Utolsó negyed (a Hold a Pisces csillagképben)
06.27	09:44,8		A Hold maximális librációja ($l = -6,40$, $b = -5,62$)
06.29	15:19,7		A Hold déli librációja ($b = -6,65$)

Üstökös

C/2006 OF2 (Broughton). John Broughton ausztrál kisbolygóvadász második üstökösének fényessége lassan eléri a 12 magnitúdót. A 2006. július 17-én felfedezett égitest a 7,7 CSE-s naptávolság miatt még csillagszerű volt, így kapta a kisbolygókra jellemző 2006 OF2 jelölést. Azóta közeledik felénk, napközelségét szeptember 15-én éri el 2,432 CSE távolságban. Ebben a hónapban a hajnali égen fog látszani, ahogy a Pisces északi részéből a Triangulum érintésével az Andromedába jut. A hónap első napjaiban 2 fokra halad el az M33 mellett, majd 24-én hajnalban 1 fokra megközelíti az NGC 752 jelű nyílthalmazt. Három nappal később 10 ívpercre északnyugatra látszik majd a 4,7 magnitúdós 58 Andromedae-től.

C/2006 OF2 (Broughton)

Dátum	RA (h m s)	D ($^\circ$ ' ")	R (CSE)	r (CSE)	E ($^\circ$)	m_v (m)
06.04.	01 22 53	+31 15 41	3,280	2,683	46	12,4
06.14.	01 41 46	+34 08 56	3,164	2,639	51	12,2
06.24.	02 01 33	+37 02 05	3,049	2,599	55	12,1
07.04.	02 22 21	+39 53 20	2,936	2,563	59	11,9
07.14.	02 44 10	+42 40 29	2,826	2,530	63	11,8
07.24.	03 07 02	+45 21 11	2,720	2,502	67	11,7
08.03.	03 30 56	+47 53 08	2,617	2,479	71	11,5
08.13.	03 55 41	+50 13 58	2,519	2,460	75	11,4
08.23.	04 21 01	+52 21 43	2,426	2,446	79	11,3

Dátum	RA (h m s)	D (° ' ")	R (CSE)	r (CSE)	E (°)	m_v (m)
09.02.	04 46 32	+54 15 05	2,336	2,436	83	11,2
09.12.	05 11 36	+55 53 22	2,251	2,432	88	11,1
09.22.	05 35 31	+57 16 49	2,169	2,432	93	11,0
10.02.	05 57 23	+58 26 37	2,092	2,438	98	11,0
10.12.	06 16 15	+59 24 03	2,020	2,449	103	10,9
10.22.	06 31 15	+60 10 20	1,954	2,464	109	10,9
11.01.	06 41 29	+60 45 42	1,894	2,484	115	10,8
11.11.	06 46 23	+61 08 08	1,844	2,509	122	10,8
11.21.	06 45 46	+61 13 25	1,805	2,538	128	10,8
12.01.	06 40 08	+60 55 22	1,780	2,572	135	10,9
12.11.	06 30 52	+60 07 19	1,774	2,609	141	10,9
12.21.	06 20 03	+58 45 45	1,788	2,650	144	11,0
12.31.	06 09 50	+56 51 59	1,825	2,695	146	11,1

Kisbolygó

(3) **Juno.** Az erősen elnyúlt pályán járó kisbolygó éppen naptávolban tartózkodik ($r = 3,2$ CSE), így 12-ei szembenállása idején fényessége épphogy eléri a 10 magnitúdót. Az Ophiuchusban látszó aszteroida 14-én fél fokra északra halad el az NGC 6366 jelű gömbhalmaztól.

A Jupiter korongján két hold árnyéka látszik

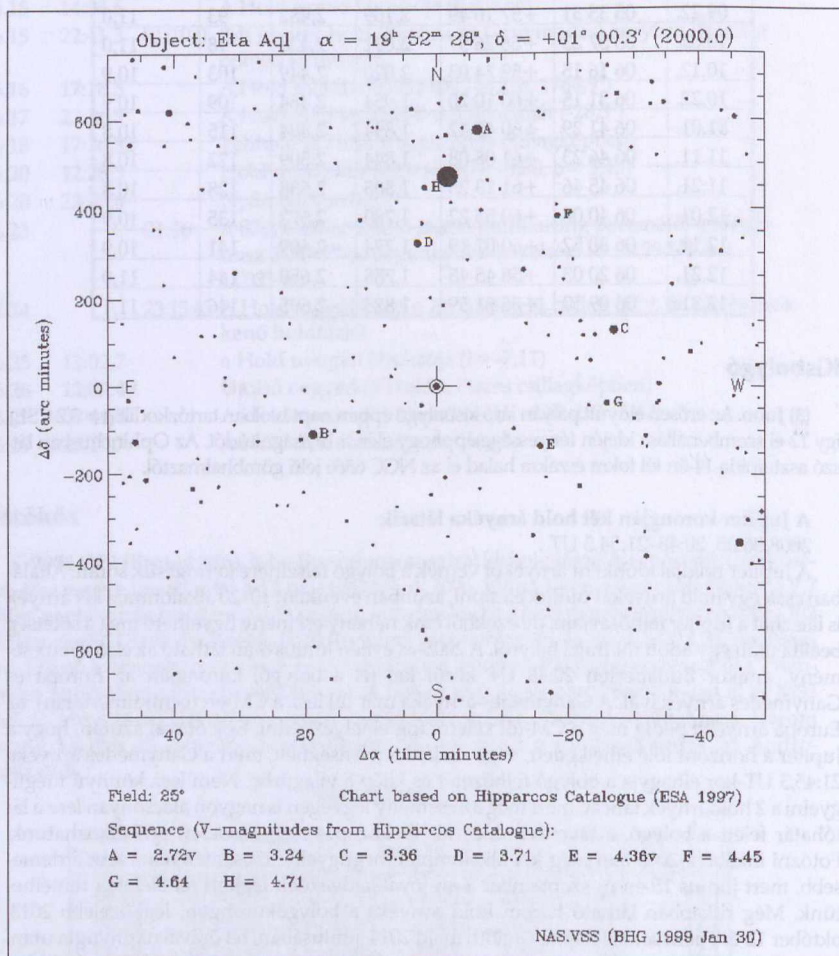
2008.06.08. 20:48–21:54,3 UT.

A Jupiter holdjai időnként árnyékot vetnek a bolygó felszínére keringésük során. Általában csak egy hold árnyékát tudjuk elcsípni, azonban éventenként 10–20 alkalommal két árnyék is látszhat a Jupiter felhősávjain, de ezekből csak néhány esemény figyelhető meg a sötétség beállta után egy adott földrajzi helyről. A 2008-as évben június 8-án látható az első ilyen esemény, amikor Budapesten 20:48 UT körül kel fel a bolygó, korongján az Europa és Ganymedes árnyékával. A Ganymedes árnyéka már túl lesz a CM-en (centrálmeridián), az Europa árnyéka pedig még a CM-től keletre fog elhelyezkedni. Egy órával azután, hogy a Jupiter a horizont fölé emelkedett, vége szakad a jelenségnek, mert a Ganymedes árnyéka 21:45,3 UT-kor elhagyja a bolygó felhőzetét és kilép a világűrbe. Nem lesz könnyű megfigyelni a 2 holdárnyék táncát, mert még az esemény legvégén is nagyon alacsonyan lesz a látóhatár felett a bolygó, a távcsövünkkel kis és közepes nagyításokkal próbálkozhatunk. Fotózni inkább a 2008-ban még két alkalommal megfigyelhető eseményeket lesz érdeme-sebb, mert június 15-én és szeptember 2-án jóval kedvezőbb légköri feltételeket remélhetünk. Még ritkábban látható három hold árnyéka a bolygókorongon, legközelebb 2013. október 12-én, nem sokkal napkelte előtt, majd 2014. júniusában, fél órával napnyugta után. Négy Galilei-hold árnyéka sosem látszhat a bolygó korongján, mert a belső három hold keringése olyan rezonanciát követ, amely lehetetlenné teszi azt.

Az η Aquilae

Sárgásfehér szuperóriás csillag mintegy 1200 fényév távolságban. Az egyik legfényesebb δ Cephei típusú változócsillag (cefeida), fénye 7,2 napos periódussal ingadozik 3,5 és

4,4 magnitúdó között. A fényváltozást a csillag sugárirányú kitégülése és összehúzódása, azaz pulzációja okozza, amely a Napunknál 60-szor nagyobb csillag átmérőjében kb. 10%-os változást idéz elő.



Évforduló

Marik Miklós: 10 éve halt meg (Tenerife, 1998. június 23.)

Csillagász, Budapesten született, 1936. máj. 28-án. Tanulmányait az ELTE-n végezte (1954–58), a moszkvai Lomonosov Egyetemen aspiráns (1962–66). 1959-től az ELTE Csillagászati Tanszékén dolgozik, majd itt tanszékvezető. 1967-től a TIT Bp.-i Szervezet csilla-

gászati és űrkutatási szakosztályának elnöke. 1979–89-ig az Eötvös Loránd Fizikai Társulat csillagászati csoportjának alelnöke. 1970–76-ig az MTA Csillagászati Bizottságának tagja, 1990-től titkára. A világszerte elismert asztrofizikus, Sz. B. Pikelner mellett szerzett kandidátusi fokozatot (1966). Fő kutatási területe az elméleti asztrofizika és a napfizika volt. A csillagászati ismeretek felsőfokú oktatása és népszerűsítése iránt elkötelezettséget érzett. Több ezer ismeretterjesztő előadást tartott a TIT keretében, valamint az MTV természettudományi sorozataiban. Nevét immáron a 12301. számú kisbolygó is őrzi az idők végezetéig.

Fm.: (társszerző) Modern csillagászati világkép (1969), A Vénusz és a Mars ostroma (1976), Csillagásztörténeti ABC (1982), Csillagászati földrajz (1988), Csillagászat (1989), Helyünk a Világmindenségben (1990), Ifjú csillagászok kézikönyve (1991).

Biogr: Ki kicsoda, 1997. – Balázs Béla: M. M. Meteor csillagászati évkönyv, 1999.



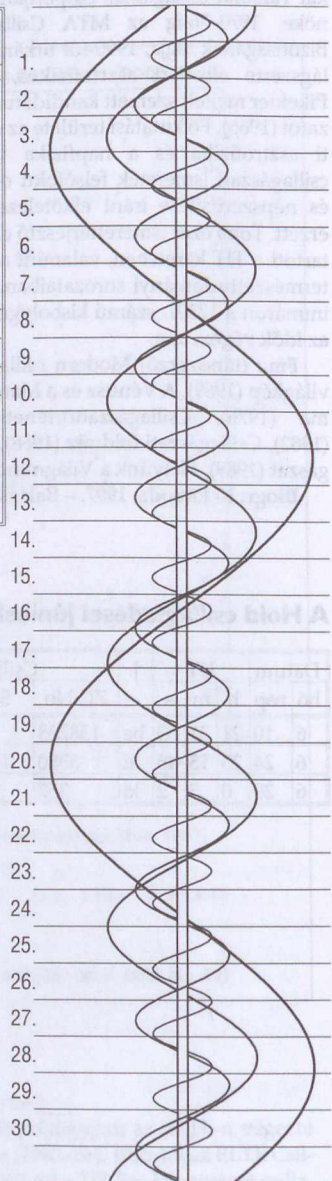
Marik Miklós (forrás: ELTE Csillagászati Tanszék, Dr. Petrovay Kristóf gyűjteményéből, Hetesi Zsolt közreműködésével)

A Hold csillagfedései júniusban

Dátum		UT			J	Csillag			Hold			C	PA	A	B	
hó	nap	h	m	s		ZC No	SAO	m	fázis	h			m/o	m/o		
6	10	21	31	53	be	138233		7,0	53	+	13	46	D	157	0,3	-2,3
6	24	23	15	45	ki	3380	146451	5,9	66	-	14	72	É	265	0,7	1,7
6	29	0	5	2	ki	357	92946	8,2	23	-	8	87	D	251	-0,3	1,4

Jupiter-holdak

d	UT hold j	d	UT hold j	d	UT hold j
h:m		h:m		h:m	
1. 0:32,3	I ev	9. 0:00,4	E ev	17. 20:56,1	E mv
21:42,7	E ev	0:49,7	G ev	23. 0:20,7	I fk
21:46,1	I mv	15. 1:12,8	I ák	1:00,9	E ák
7. 1:10,7	E fk	1:47,5	I ek	1:47,6	E ek
2:05,1	I fk	22:27,0	I fk	21:35,5	I ák
22:30,9	C fv	22:27,3	E ák	21:58,2	I ek
23:18,6	I ák	22:41,3	G ák	23:51,9	I áv
8. 0:02,2	I ek	23:32,9	E ek	24. 0:14,8	I ev
1:34,6	I áv	16. 0:55,7	G ek	20:07,8	C mv
1:42,9	C mk	1:10,0	E áv	21:26,2	I mv
2:18,5	I ev	1:16,2	I mv	23:12,8	E mv
21:17,0	E ek	1:53,9	G áv	26. 21:09,1	G mv
21:33,6	G ek	2:13,6	C ák	30. 2:14,5	I fk
21:54,3	G áv	2:16,5	E ev	23:29,9	I ák
22:36,1	E áv	21:57,5	I áv	23:42,4	I ek
23:31,5	I mv	22:30,1	I ev		



Június 21.: a Múzeumok éjszakája

A Múzeumok éjszakája az utóbbi évek egyik legnépszerűbb országos kulturális eseménye, melynek programjába értelemszerűen beilleszthetők a távcsöves bemutatók. Ilyen jellegű rendezvényt először 1997-ben tartottak Berlinben (eredeti elnevezése: a Múzeumok hosszú éjszakája), amit az évek múlásával Európa-szerte egyre több ország múzeumi követtek. Magyarországon először először 2003-ban volt Múzeumok éjszakája, azóta a rendezvényt hazánkban is óriási sikerrel tartják meg évről évre. A hosszú múzeumi éjszakát a nyári napfordulóhoz legközelebb eső szombaton rendezik meg, 2008-ban június 21-én tartják a rendezvényt.

Az éjszaka a csillagászat „természetes közege” ezért logikus, hogy ezeket a rendezvényeket a csillagászat népszerűsítésére is hasznosítsuk. Egyesületünk először 2006-ban csatlakozott a rendezvényhez, akkor még csak három helyszínen. 2007-ben hat helyszínen voltak ott lelkes munkatársaink (Budapesten két helyszínen, továbbá Dunaújvárosban, Kiskőrösön, Szarvason és Szegeden), ez lett az év egyik legjobban sikerült éjszakája.

Minden helyi csoportunknak jó szívvel javasoljuk, hogy 2008-ban keressék meg működési területükön a múzeumokat, és csatlakozzanak ehhez a sikeres programhoz!



Érdeklődők az MCSE 2007. június 23-i bemutatóján (Múzeumok éjszakája 2007)

$\lambda = 19^\circ, \varphi = 47,5^\circ$

Kalendárium – július

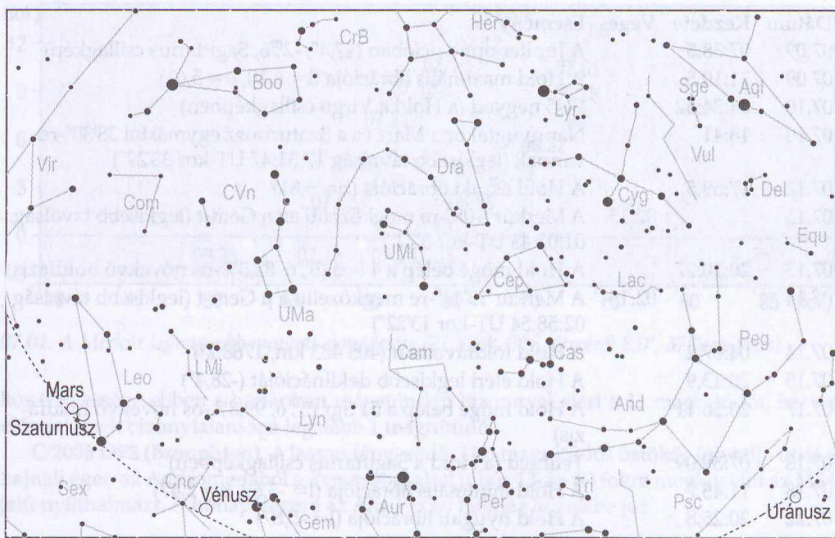
KÖZEI

dátum	Nap					Hold			fázis h m
	kel h m	delel h m	nyugszik h m	h_d °	E_t m	kel h m	delel h m	nyugszik h m	
27. hét									
1. k 183.	3*51	11*48	19*45	65,6	-3,8	1*25	10*00	18*40	
2. sz 184.	3*52	11*48	19*44	65,5	-4,0	2*27	11*07	19*42	
3. cs 185.	3*52	11*48	19*44	65,4	-4,2	3*43	12*12	20*27	● 3*19
4. p 186.	3*53	11*48	19*44	65,4	-4,4	5*07	13*13	21*00	
5. sz 187.	3*54	11*49	19*43	65,3	-4,6	6*32	14*08	21*25	
6. v 188.	3*54	11*49	19*43	65,2	-4,7	7*53	14*57	21*45	
28. hét									
7. h 189.	3*55	11*49	19*42	65,1	-4,9	9*09	15*43	22*02	
8. k 190.	3*56	11*49	19*42	64,9	-5,1	10*22	16*27	22*18	
9. sz 191.	3*57	11*49	19*41	64,8	-5,2	11*32	17*09	22*35	
10. cs 192.	3*58	11*49	19*41	64,7	-5,4	12*41	17*52	22*52	○ 5*35
11. p 193.	3*59	11*50	19*40	64,6	-5,5	13*50	18*36	23*13	
12. sz 194.	3*59	11*50	19*39	64,4	-5,6	14*58	19*21	23*38	
13. v 195.	4*00	11*50	19*39	64,3	-5,7	16*05	20*09	-	
29. hét									
14. h 196.	4*01	11*50	19*38	64,1	-5,9	17*07	21*00	0*09	
15. k 197.	4*02	11*50	19*37	64,0	-6,0	18*03	21*51	0*50	
16. sz 198.	4*03	11*50	19*36	63,8	-6,1	18*49	22*42	1*40	
17. cs 199.	4*04	11*50	19*35	63,7	-6,1	19*26	23*33	2*40	
18. p 200.	4*06	11*50	19*34	63,5	-6,2	19*55	-	3*47	○ 8*59
19. sz 201.	4*07	11*50	19*33	63,3	-6,3	20*18	0*22	4*58	
20. v 202.	4*08	11*50	19*32	63,1	-6,3	20*37	1*09	6*10	
30. hét									
21. h 203.	4*09	11*50	19*31	62,9	-6,4	20*55	1*54	7*22	
22. k 204.	4*10	11*50	19*30	62,7	-6,4	21*11	2*38	8*34	
23. sz 205.	4*11	11*50	19*29	62,5	-6,5	21*28	3*22	9*47	
24. cs 206.	4*12	11*51	19*28	62,3	-6,5	21*47	4*07	11*02	
25. p 207.	4*13	11*51	19*27	62,1	-6,5	22*09	4*55	12*21	● 19*42
26. sz 208.	4*15	11*51	19*26	61,9	-6,5	22*38	5*47	13*42	
27. v 209.	4*16	11*51	19*24	61,7	-6,5	23*16	6*43	15*04	
31. hét									
28. h 210.	4*17	11*50	19*23	61,4	-6,5	-	7*44	16*22	
29. k 211.	4*18	11*50	19*22	61,2	-6,5	0*09	8*49	17*28	
30. sz 212.	4*20	11*50	19*20	61,0	-6,4	1*17	9*53	18*19	
31. cs 213.	4*21	11*50	19*19	60,7	-6,4	2*37	10*55	18*57	

*A nyári időszámítás alatt a KÖZEI-ben megadott időpontokhoz egy órát hozzá kell adni!

július

nap	Julián dátum 12 ^h UT	θ_{gr} 0 ^h UT h m s	névnapok
1.	2 454 649	18 37 40	Tihamér, Annamária, Áron, Előd, Gyula, Olivér
2.	2 454 650	18 41 36	Ottó, Jenő, Mária
3.	2 454 651	18 45 33	Kornél, Soma, Bernát, Napsugár, Tamás
4.	2 454 652	18 49 29	Ulrik, Berta, Betti, Illés, Izabella, Rajmund, Ramón
5.	2 454 653	18 53 26	Emese, Sarolta, Antal, Vilmos
6.	2 454 654	18 57 22	Csaba, Dominika, Mária, Tamás
7.	2 454 655	19 01 19	Apollónia, Apolka, Donát
8.	2 454 656	19 05 16	Ellák, Eszter, Izabella, Jenő, Liza, Terézia, Zsóka
9.	2 454 657	19 09 12	Lukrécia, Koppány, Margit, Vera, Veronika
10.	2 454 658	19 13 09	Amália, Alma
11.	2 454 659	19 17 05	Nóra, Lili, Eleonóra, Helga, Lilla, Nelli, Olga, Olivér
12.	2 454 660	19 21 02	Izabella, Dalma, Eleonóra, Ernő, János, Leonóra, Nóra
13.	2 454 661	19 24 58	Jenő, Ernő, Henrietta, Henrik, Jakab, Sára, Sarolta
14.	2 454 662	19 28 55	Örs, Stella, Esztella, Ferenc, Zalán
15.	2 454 663	19 32 51	Henrik, Roland, Leonóra, Loránd, Lóránt, Stella
16.	2 454 664	19 36 48	Valter, Aténé, Kármén, Mária
17.	2 454 665	19 40 45	Endre, Elek, Magda, Magdolna, Róbert, Szabolcs
18.	2 454 666	19 44 41	Frigyes, Arnold, Hedvig, Kamilla, Milán
19.	2 454 667	19 48 38	Emília, Alfréd, Ambrus, Aranka, Aurélia, Stella, Vince
20.	2 454 668	19 52 34	Illés, Margaréta, Margit, Marina
21.	2 454 669	19 56 31	Dániel, Daniella, Angéla, Angelina, Júlia, Lőrinc
22.	2 454 670	20 00 27	Magdolna, Léna, Lenke, Magda, Magdaléna, Mária
23.	2 454 671	20 04 24	Lenke, Brigitta
24.	2 454 672	20 08 20	Kinga, Kincső, Bernát, Csenge, Kriszta, Krisztina, Lujza
25.	2 454 673	20 12 17	Kristóf, Jakab, Krisztofer, Valentin, Valentina, Zsaklin
26.	2 454 674	20 16 14	Anna, Anikó, Anett, Anilla, Anita, Panna
27.	2 454 675	20 20 10	Olga, Liliána, György, Kamilla, Krisztián, Natália
28.	2 454 676	20 24 07	Szabolcs, Botond, Győző, Szeréna, Viktor
29.	2 454 677	20 28 03	Márta, Flóra, Bea, Beatrix, Virág
30.	2 454 678	20 32 00	Judit, Xénia, Julietta
31.	2 454 679	20 35 56	Oszkár, Elena, Eleni, Helén, Heléna, Ignác, Ilona, Léna



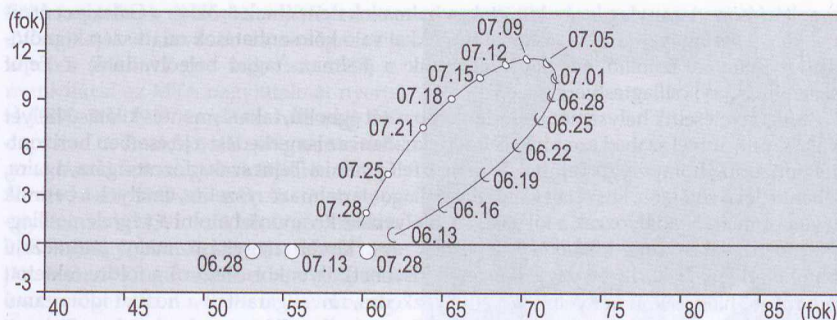
Az északi égbolt július 15-én 20:00-kor (KÖZEI)

Dátum	Kezdet	Vége	Esemény
07.01	17:54,0		A Merkúr legnagyobb nyugati elongációja (21,8 fok, 0 ^m 6, 8,0" dia, 37%-os fázis)
07.01	20:43,0		Az Io (Jupiter-hold) fogyatkozásának kezdete
07.01	21:19,2		A Hold földközeli (359 501 km, 1994,4")
07.01	22:19,6		Az Europa (Jupiter-hold) fogyatkozásának kezdete
07.02		02:11	24 ó 07 p-es holdsarló 4,9 fok magasan a hajnali égen
07.03	02:18:36		Újhold (a Hold a Gemini csillagképben)
07.03	18:44		Az 0,7%-os növekvő fázisú holdkorong peremétől a Vénusz 2°03'25"-re (legnagyobb közelség: 15:09:30 UT-kor 45'42"-re)
07.04	07:40,1		A Föld naptávolban (1,0167535 CSE)
07.04	19:24		41 ó 06 p-es holdsarló 4,7 fok magasan az esti égen (1,7 fokra a Praesepétől)
07.06	19:51		A Merkúr dichotómiája (50,0% fázis)
07.06	20:19		A 18,0%-os növekvő fázisú holdkorong peremétől a Mars 3°37'36"-ra (legnagyobb közelség: 14:31:37 UT-kor 2°42'25"-re)
07.06	20:19		Az 18,0%-os növekvő fázisú holdkorong peremétől a Szaturnusz 3°47'01"-ra (legnagyobb közelség: 19:34:17 UT-kor 2°46'01"-re)
07.07		02:10	A Merkúr 15'25"-re megközelíti a ζ Tau-t (legkisebb távolság 06:21:00 UT-kor 6'52")
07.07	15:04,9		A Hold keleti librációja (l= 7,02)
07.08		23:03	A (65) Cybele kisbolygó (11 ^m 4) 7,8'-re az M9 (NGC 6333, 7 ^m 8) jelű gömbhalmaztól

Dátum	Kezdet	Vége	Esemény
07.09	07:38,5		A Jupiter oppozícióban (47,4°, -2 ^m 6, Sagittarius csillagkép)
07.09	21:10,5		A Hold maximális librációja (l= 6,10, b= 5,61)
07.10	04:34:52		Első negyed (a Hold a Virgo csillagképben)
07.10	18:41		Napnyugtakor a Mars és a Szaturnusz egymástól 38'30"-re vannak (legkisebb távolság 17:31:47 UT-kor 38'29")
07.12	17:59,5		A Hold északi librációja (b= 6,81)
07.13		02:15	A Merkúr 6'08"-re megközelíti az η Gem-t (legkisebb távolság 01:02:43 UT-kor 3'22")
07.13	20:10:27		A Hold mögé belép a 4 Sco (5 ^m 6, 82,3%-os növekvő holdfázis)
07.14		02:15	A Merkúr 13'44"-re megközelíti a μ Gem-t (legkisebb távolság 02:58:54 UT-kor 13'22")
07.14	04:07,2		A Hold földtávolban (405 483 km, 1768,2")
07.15	20:13,9		A Hold eléri legkisebb deklinációját (-28,4°)
07.17	23:56:11		A Hold mögé belép a 51 Sgr (5 ^m 6, 99,8%-os növekvő holdfázis)
07.18	07:59:09		Telihold (a Hold a Sagittarius csillagképben)
07.18	11:45,7		A Hold minimális librációja (l= -3,69, b= 2,47)
07.22	20:25,8		A Hold nyugati librációja (l= -5,87)
07.22	21:03		A 79,8%-os csökkenő fázisú holdkorong peremétől az Uránusz 3°06'34"-ra (legnagyobb közelség: 18:07:09 UT-kor 2°35'38"-re)
07.25	18:41:36		Utolsó negyed (a Hold az Aries csillagképben)
07.26		20:56	A (23) Thalia kisbolygó (11 ^m 8) 12,4'-re az M69 (NGC 6637, 8 ^m 3) jelű gömbhalmaztól
07.26	21:12,4		A Hold déli librációja (b= -6,75) Aquaridák meteorraj
07.28	01:59		A Neptunusz 18'39"-re megközelíti a 44 Cap-t (legkisebb távolság 03:04:05 UT-kor 18'39")
07.29	07:35,1		A Hold eléri legnagyobb deklinációját (+27,3°)
07.29	20:04,6		A Merkúr felső együttállásban a Nappal (a Naptól 1,7 fokra)
07.29	23:14,1		A Hold földközelpontban (363 861 km, 1970,5")
07.31		02:45	31 ó 27 p-es holdsarló 8,5 fok magasan a hajnali égen
07.31	11:47,3		A Hold minimális librációja (l= 3,04, b= -2,57)

Üstökösök

6P/d'Arrest. A legrégebben ismert rövid periódusú üstökösök egyike. Az a Heinrich Ludwig d'Arrest fedezte fel 1851. június 28-án, aki pár évvel korábban a Neptunusz távcsöves azonosításánál segítkezett Johann Gallenak. Emlékezetes az üstökös 1976-os visszatérése, amikor szabad szemmel is láthatóvá vált, és hazánkban is többen megfigyelték. Azóta megváltozott a pályája, napközelpontja távolabbra tolódott, így az augusztus 9-én esedékes 0,354 CSE-s minimális földtávolság a lehető legkisebb, ami jelenleg elképzelhető. Az Aquila csillagképben déli irányba mozgó, tehát egész éjszaka megfigyelhető üstökös.



07.01. A Merkúr legnagyobb nyugati elongációja (21,8 fok, 0^m6 , átmérő: $8,0''$, 37%-os fázis)

kös fényessége ebben a hónapban már minden bizonnyal eléri a 11 magnitúdót, bár az előrejelzések bizonytalansága legalább 1 magnitúdó.

C/2006 OF2 (Broughton). A lassan fényesedő, 11,5 magnitúdós üstökös folytatja útját a hajnali égen az Andromedából a Perseusba, ahol július 13-án fél fokra megközelíti az M34 jelű nyílthalmazt. A hónap végére az Alfa Persei halmaz közelébe jut.

A nyári Tejút

Bár a nyári éjjelek a legrövidebbek (valamint lassan enyhülő nappali hőséggel és szűnyogokkal terheltek), így az észlelő amatőrcsillagász számára viszonylag kevés idő áll éjszakánként rendelkezésre az égbolt csodáiban való gyönyörködésre, az éj rövidségét kárpótolja azonban a Tejút látványa, amely a nyári hónapokban kerül legkedvezőbb láthatóságába. Csendes, derült nyári éjszakán a Tejút szabad szemmel nézve is csodálatos, a sötét porfelhőkkel tarkított csillagmezőkben azonban bármilyen kicsi műszerrel is felfedezőútra indulhatunk. A Tejút név eredete görög mitológiai forrásokra vezethető vissza: Zeusz felesége, Héra teje fröccsent az égboltra, amikor rájött, hogy akarata ellenére mostohagyermekét, Héraklészt (Herkules) szoptatta. Egyes források szerint Demokritosz már 2400 évvel ezelőtt sejtette, hogy ez a fátyolos égi fény csillagok felbonthatatlan sűrűjéből áll, azonban a távcsöves észlelések kezdetekor, Galilei korában (1610 körül) szereztük az első bizonyosságot arról, hogy a Tejútrendszerünk legsűrűbben lakott fősíkjában lévő csillagok millióinak összeolvadó fénye áll a lebilincselő látvány háttérében. Galaxisunk centruma a Sagittarius (Nyíl) csillagkép irányában található, ezért látszólag ott a legsűrűbb a csillagos ég, azonban a Tejút más területein is olyan sok csillag található, hogy gyakorlatilag eltakarják előlünk a mögöttük lévő égtérületet.

Saját csillagvárosunk, a Tejútrendszer abban is hasonlít a többi spirálgalaxishoz, hogy fősíkjában illetve a spirálkarokban található a legtöbb nyílthalmaz. Ezek a kis csillagok „ékkövek” viszonylag fiatal (tipikusan néhány millió éves) csillagok gravitációsan lazán kötött csoportosulásai. A csillagok a legtrikább esetben születnek magányosan, sokkal gyakoribb, hogy a hatalmas molekulafelhőkből több száz vagy még több csillag születik egyszerre. Ezek a fiatal, erejük teljében lévő égitestek még hosszú évmilliókig egymás közelében maradnak, így kínálva lenyűgöző látványt az égbolt szemlélőinek. Számos nyílthalmaz még a neki életet adó molekulafelhőbe, csillagkeletkezési régiókba beágyazódva figyelhető meg, ekkor még csillagai kölcsönhatnak a környező gázzal és porral. Mivel az alkotó csillagai

gravitációsan viszonylag lazán kötöttek, a halmazok nem élnek örökké: a Galaxis centruma körüli keringés során és más objektumokkal való kölcsönhatások miatt szép komótosan (néhány százmillió év alatt) felbomlik a halmaz, tagjai beleolvadnak a Tejút százmilliárdnyi csillagtestvére közé...

Megfigyeléseink helyszínénél mindenképp sötét égboltú, takarásmentes kilátású helyet válasszunk, mivel szabad szemmel célszerű kezdeni az ismerkedést a jó esetben horizonttól horizontig hömpölygő Tejúttal. Érdemes felfigyelni a Tejút szakadozottságára, ágaira, a benne lévő sötétebb, látszólag kevesebb csillagot tartalmazó részekre, amelyek a bennük lévő por miatt akadályozzák a kilátást. Ha mélyebbre kívánunk hatolni a végtelen csillagmezőben, válasszunk következő lépésnek egy kisebb nagyítású, nagy látómezejű binokulárt (pl. 7x50, 12x60 vagy akár még kisebbet). Ilyenkor célszerű a földre fektetett pokrócon, hálószákon kényelmesen elhelyezkedni, mivel garantált a hosszú időtartamú nézelődés, ami alatt nyakunk kellemetlenül emlevedhet. Pásztázzuk végig így a Tejutat, a bársonyfekete égen „heverő” csillagok milliói pompás látvány nyújtanak ilyen kis műszerrel is. Számos nyílthalmazra fogunk valószínűleg bukkanni mint kis ködös, felbontatlan foltokra. A halmazokban való további gyönyörködéshez, az őket alkotó csillagok felbontásához bátran használjunk nagyobb távcsöveket, azonban arra ügyeljünk, hogy csak indokolt esetben válasszunk nagy nagyítást: számos nyílthalmaz méretéből, csillagsűrűségéből kifolyólag kis nagyításokkal élvezhető igazán. Mivel körülbelül 1000 nyílthalmazt ismerünk a Tejútrendszerben, hosszú időre biztosított e változatos megjelenésű apró „drágakövek” megismerése során szerzett öröm.

Évforduló

Eötvös Loránd: 160 éve született (Buda, 1848. július 27.)

Fizikus, egyetemi tanár, miniszter, az MTA tagja (l. 1873, r. 1883, elnöke 1889–1905-ig). Eötvös József fia. A gravitációs tér kutatója, a rendszeres kísérleti és elméleti fizikai kutatások első hazai nagy művelője, a berlini Akadémia kultagja. Egyetemi tanulmányai folyamán Heidelbergben Kirchhoff, Bunsen és Helmholtz növendéke volt. Doktorátusát is itt szerzte 1870-ben. 1871-ben a pesti egyetemen a fizika magántanára, majd az elméleti fizika helyettes tanára, 1872-től r. tanára. 1878-ban Jedlik Ányos nyugalomba vonulása után a kísérleti fizikai tanszéket vette át. Berendezte a kísérleti fizikai intézetet. 1891–92-ben az egyetem rektora. Az 1870-es évek elejétől két évtizedig a kapillaritás jelenségével foglalkozott. A felületi feszültség mérésére új módszert dolgozott ki (Eötvös-féle reflexiós módszer). Elméleti úton felismerte a folyadékok különböző hőmérsékleten mért felületi feszültsége és molekulatölyva közötti összefüggést. Ez Eötvös-féle törvényként ismeretes. A gravitáció felé a 80-as évek végén fordult érdeklődése. A gravitációs tér térbeli változásának mérésére megszerkesztette világhírűvé vált ingáját. 1891-ben kezdeményezésére alakult meg az Eötvös Loránd Fizikai Társulat elődje, a Matematikai és Fizikai Társulat, melynek elnöke is lett. 1894. június 10-től 1895. január 15-ig vallás- és közoktatásügyi miniszter. 1895-ben létrehozta az édesapjáról elnevezett Eötvös Collegiumot, amelynek első kurátora volt. Első Eötvös-ingás méréseit 1901-ben végezte a Balaton jegén. 1908-ban Pekár Dezsővel és Fekete Jenővel együtt igazolta, hogy a gravitációs erő 2×10^{-8} pontossággal független a tömeg anyagi minőségétől. E méréseivel elnyerte a göttingeni egyetem Benecke-díját (az általa elért pontosságot csak a legutóbbi időkben tudták felülmúlni). A kétértelmű és a súlyos tömeg arányosságának ez az igazolása az általános relativitáselmélet kísérleti alapköve. Vizsgálatait a földmágnességre is kiterjesztette, s a méréséhez műszereket szerkesztett. Felhívta a figyelmet a Coriolis-erő felléptére, majd ki is mutatta, s ezzel a

Föld forgásának újabb bizonyítékát adta. „Vizsgálatok a gravitatio és a mágnesség köréből (Math. Term. tud. Ért., 1888) c. munkájával az MTA nagyjutalmát nyerte el (1890–96). 1919. ápr. 8-án halt meg Budapesten. A Tanácsköztársaság mint a dolgozó társadalom nagy halottját temette el. Nevét viseli 1949-től a bp.-i tudományegyetem és a 12301. sz. kisbolygó. Minden idők legnagyobb magyar fizikusának tartják. A torziós ingás mérésekben használatos egységet róla nevezték el. Érdekesség, hogy a hazai turistamozgalomba is bekapcsolódott. Nyolc éven át az elnöke volt a frissen megalakult Magyar Turista Egyesületnek.



Báró Eötvös Loránd (A kép forrása: a Nemzeti Kulturális Alap által szponzorált http://www.kfki.hu/~tudtor/eotvos1/eotvos_a.html weboldall).

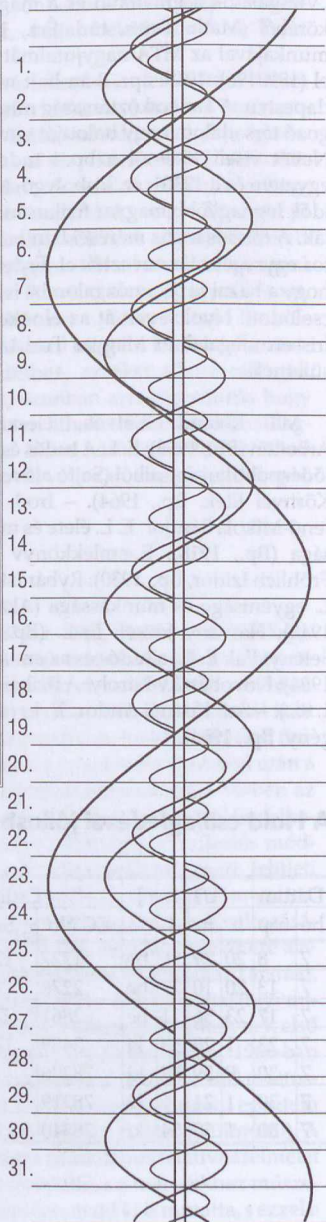
M. Roland Eötvös *Gesammelte Arbeiten* (Bp., 1953); E. L. A tudós és művelődéspolitikus írásaiból (Sajtó alá rendezte Környei Elek, Bp., 1964). – Irod. Fekete Jenő-Mikola Sándor: E. L. élete és munkássága (Bp., 1918); E.-emlékkönyv (szerk. Fröhlich Izidor, Bp., 1930); Rybár István: E. L. egyénisége és munkássága (Akad. Ért. 1948); Hatvany József: E. L. (Bp., 1951); Selényi Pál: E. L., a tudós és az ember (Bp., 1954); Novobátczy Károly: A fizikai megismerés úttörői (Bp., 1959); E. L. (Fizikai Szle, 1964. 1. sz.). – Szi. Kozma Andor: E. L. (vers); Horváth Árpád: A varázsinga. E. L. élete (ifj. regény, Bp., 1954).

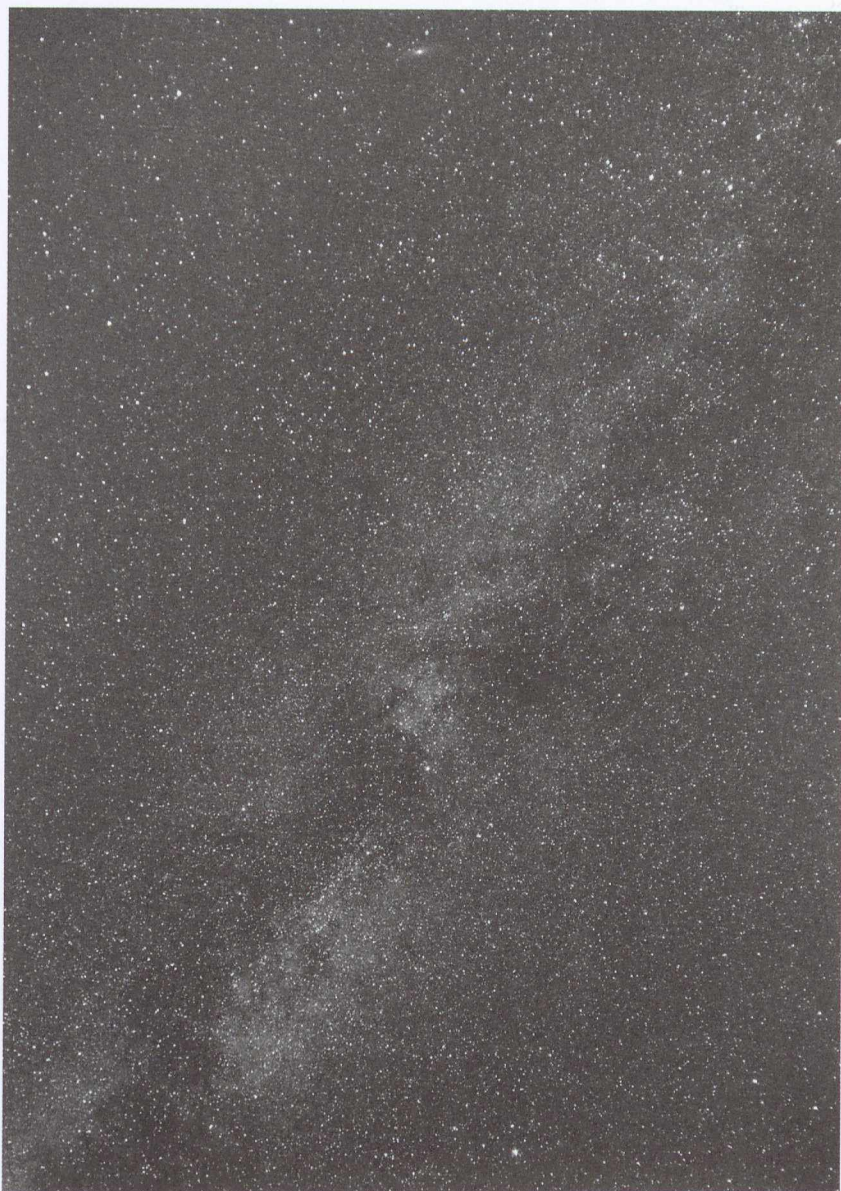
A Hold csillagfedései júliusban

Dátum	UT			J	Csillag			Hold			C	PA	A	B		
	hó	nap			h	m	s	ZC No	SAO	m					fázis	h
7	8	20	29	56	be	1727	138508	6,9	36	+	7	29	É	54	0,6	-0,8
7	13	20	10	27	be	2276	4 Sco	5,6	82	+	15	53	É	60	2,0	-0,1
7	17	23	56	11	be	2861	51 Sgr	5,6	100	+	16	72	D	61	1,3	-0,2
7	23	1	23	53	ki	3489	128319	7,4	78	-	41	38	D	193	0,5	2,2
7	30	0	59	57	ki	78296		8,3	8	-	4	28	D	215	-1,0	2,1
7	30	1	24	1	ki	78319		8,8	7	-	8	55	D	242	-0,6	1,5
7	30	1	50	54	ki	78340		8,9	7	-	12	43	D	230	-0,6	1,9

Jupiter-holdak

d	UT	hold	j	d	UT	hold	j	d	UT	hold	j
	h:m				h:m				h:m		
1.	1:46,5	I	áv	10.	19:21,4	I	fv	19.	19:39,4	E	fv
	1:59,0	I	ev		19:21,5	E	ek	21.	20:39,8	G	ev
	20:43,0	I	fk		19:26,0	E	ák		21:55,7	G	áv
	22:19,6	E	fk		22:05,3	E	ev	23.	23:21,2	I	ek
	23:09,9	I	mv		22:09,8	E	áv		23:42,9	I	ák
2.	1:28,7	E	mv	11.	0:25,3	G	mk	24.	1:37,7	I	ev
	20:14,1	C	ák		0:21,2	I	mk		20:31,3	I	mk
	20:15,2	I	áv		21:36,7	I	ek		23:10,0	I	fv
	20:25,1	I	ev		21:48,1	I	ák		23:49,3	E	ek
	21:42,0	C	ek		23:53,2	I	ev	25.	0:34,9	E	ák
	23:54,5	C	áv	17.	0:04,7	I	áv		20:03,9	I	ev
3.	1:28,2	C	ev		21:15,6	I	fv		20:28,3	I	áv
	19:35,4	E	áv		21:35,0	E	ek	26.	22:16,7	E	fv
	19:52,0	E	ev		22:00,3	E	ák	27.	20:50,4	C	mk
	20:37,2	G	fk	18.	0:18,9	E	ev	28.	0:36,7	C	mv
4.	0:25,8	G	mv		0:44,4	E	áv		1:04,5	C	fk
8.	1:24,6	I	ák						20:43,0	G	ek
	1:26,5	I	ek						22:38,3	G	ák
	22:37,0	I	fk						23:58,6	G	ev
9.	0:53,4	I	mv					31.	1:06,4	I	ek
	0:56,7	E	fk						22:15,9	I	mk
	19:52,5	I	ek								
	19:53,3	I	ák								
	22:09,1	I	ev								
	22:09,9	I	áv								





A nyári Tejút részlete Berkó Ernő felvételén. Canon 350D + 16 mm-es f/4-es Zenitar-objektív, ISO 1600 érzékenység, 12 db 60 s expozíciós idejű felvétel összegzése.

$\lambda = 19^\circ, \varphi = 47,5^\circ$ Kalendárium – augusztus

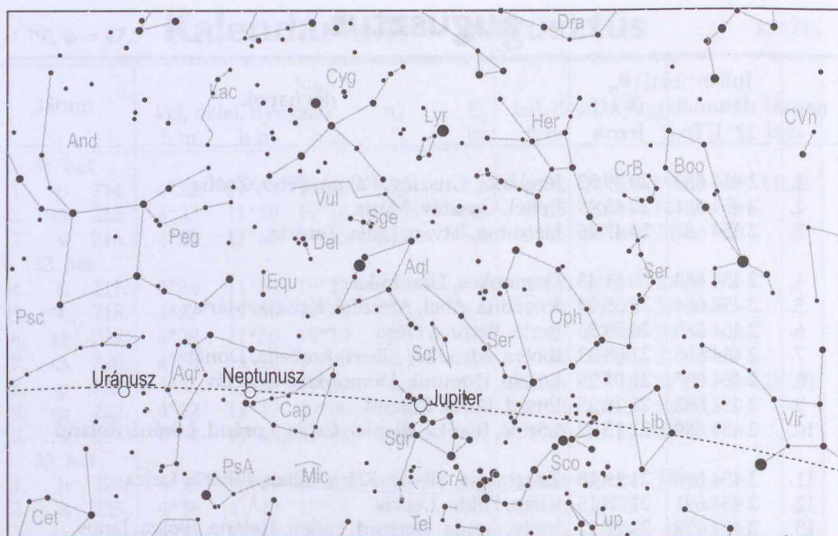
KÖZEI

dátum	Nap				E_t m	Hold			fázis h m
	kel, h m	delel, h m	nyugszik, h m	h_d °		kel, h m	delel, h m	nyugszik, h m	
31. hét									
1. p 214.	4*22	11*50	19*18	60,5	-6,3	4*02	11*53	19*25	● 11*13
2. sz 215.	4*23	11*50	19*16	60,2	-6,3	5*25	12*45	19*48	
3. v 216.	4*25	11*50	19*15	59,9	-6,2	6*45	13*34	20*06	
32. hét									
4. h 217.	4*26	11*50	19*13	59,7	-6,1	8*01	14*19	20*23	
5. k 218.	4*27	11*50	19*12	59,4	-6,0	9*14	15*03	20*39	
6. sz 219.	4*28	11*50	19*10	59,1	-5,9	10*25	15*46	20*56	
7. cs 220.	4*30	11*50	19*09	58,9	-5,8	11*35	16*30	21*16	
8. p 221.	4*31	11*50	19*07	58,6	-5,7	12*44	17*16	21*39	○ 21*20
9. sz 222.	4*32	11*49	19*06	58,3	-5,5	13*52	18*03	22*08	
10. v 223.	4*34	11*49	19*04	58,0	-5,4	14*57	18*53	22*45	
33. hét									
11. h 224.	4*35	11*49	19*02	57,7	-5,2	15*55	19*44	23*32	
12. k 225.	4*36	11*49	19*01	57,4	-5,0	16*45	20*35	-	
13. sz 226.	4*38	11*49	18*59	57,1	-4,9	17*25	21*26	0*28	
14. cs 227.	4*39	11*49	18*57	56,8	-4,7	17*57	22*16	1*33	
15. p 228.	4*40	11*48	18*56	56,5	-4,5	18*22	23*04	2*43	
16. sz 229.	4*42	11*48	18*54	56,2	-4,3	18*43	23*50	3*56	○ 22*16
17. v 230.	4*43	11*48	18*52	55,9	-4,1	19*01	-	5*09	
34. hét									
18. h 231.	4*44	11*48	18*50	55,5	-3,9	19*18	0*35	6*22	
19. k 232.	4*46	11*48	18*49	55,2	-3,6	19*35	1*20	7*36	
20. sz 233.	4*47	11*47	18*47	54,9	-3,4	19*53	2*05	8*52	
21. cs 234.	4*48	11*47	18*45	54,6	-3,1	20*14	2*53	10*09	
22. p 235.	4*50	11*47	18*43	54,2	-2,9	20*41	3*43	11*30	
23. sz 236.	4*51	11*47	18*41	53,9	-2,6	21*15	4*38	12*51	
24. v 237.	4*52	11*46	18*39	53,5	-2,4	22*02	5*37	14*09	● 0*50
35. hét									
25. h 238.	4*54	11*46	18*37	53,2	-2,1	23*03	6*39	15*18	
26. k 239.	4*55	11*46	18*36	52,8	-1,8	-	7*41	16*13	
27. sz 240.	4*56	11*45	18*34	52,5	-1,5	0*17	8*43	16*55	
28. cs 241.	4*58	11*45	18*32	52,2	-1,2	1*38	9*41	17*26	
29. p 242.	4*59	11*45	18*30	51,8	-0,9	3*00	10*34	17*50	
30. sz 243.	5*00	11*45	18*28	51,4	-0,6	4*21	11*24	18*10	● 20*58
31. v 244.	5*02	11*44	18*26	51,1	-0,3	5*38	12*10	18*27	

*A nyári időszámítás alatt a KÖZEI-ben megadott időpontokhoz egy órát hozzá kell adni!

augusztus

nap	Julián dátum 12 ^h UT	θ_{gr} 0 ^h UT h m s	névnapok
1.	2 454 680	20 39 53	Boglárka, Gusztáv, Pálma, Péter, Zsófia
2.	2 454 681	20 43 49	Lehel, Gusztáv, Mária
3.	2 454 682	20 47 46	Hermina, István, Lídia, Terézia
4.	2 454 683	20 51 43	Domonkos, Dominika
5.	2 454 684	20 55 39	Krisztina, Ábel, Afrodité, Kriszta, Mária
6.	2 454 685	20 59 36	Berta, Bettina, Géza
7.	2 454 686	21 03 32	Ibolya, Afrodité, Albert, Arabella, Donát
8.	2 454 687	21 07 29	László, Dominik, Domonkos, Gusztáv
9.	2 454 688	21 11 25	Emőd, János, Roland
10.	2 454 689	21 15 22	Lőrinc, Bianka, Blanka, Csilla, Loránd, Lóránt, Roland
11.	2 454 690	21 19 18	Zsuzsanna, Tiborc, Klára, Lilian, Liliána, Lujza
12.	2 454 691	21 23 15	Klára, Hilda, Letícia
13.	2 454 692	21 27 12	Ipoly, Gerda, Gertrúd, Helén, Heléna, Ibolya, János
14.	2 454 693	21 31 08	Marcell, Menyhért
15.	2 454 694	21 35 05	Mária, Alfréd
16.	2 454 695	21 39 01	Ábrahám, István, Szeréna
17.	2 454 696	21 42 58	Jácint
18.	2 454 697	21 46 54	Ilona, Elena, Eleni, Helén, Heléna, Lenke
19.	2 454 698	21 50 51	Huba, Bernát, János, Lajos
20.	2 454 699	21 54 47	Szent István ünnepe ; István, Bernát, Stefánia, Vajk
21.	2 454 700	21 58 44	Sámuel, Hajna, Erik, Erika, Franciska, Johanna
22.	2 454 701	22 02 41	Menyhért, Mirjam, Boglár, Boglárka, János, Mária
23.	2 454 702	22 06 37	Bence, Róza, Rózsa, Szidónia
24.	2 454 703	22 10 34	Bertalan, Albert, Aliz
25.	2 454 704	22 14 30	Lajos, Patrícia, Elemér, József, Tamás
26.	2 454 705	22 18 27	Izsó, Margit, Natália, Natasa, Rita
27.	2 454 706	22 22 23	Gáspár, József, Mónika
28.	2 454 707	22 26 20	Ágoston, Alfréd, Elemér, László
29.	2 454 708	22 30 16	Beatrix, Erna, Ernesztina, János, Kamilla, Szabina
30.	2 454 709	22 34 13	Róza, Letícia, Rózsa
31.	2 454 710	22 38 10	Erika, Bella, Aida, Hanga, Izabella, Rajmund, Ramóna



A déli égbolt augusztus 15-én 20:00-kor (KÖZEI)

Bolygók

Merkúr: A hónap második felétől kereshető napnyugta után a nyugati látóhatár felett, de megfigyelésre kedvezőtlen helyzetben. 15-én fél órával, de 31-én is csak alig háromnegyed órával nyugszik a Nap után.

Vénusz: Továbbra is kedvezőtlenül látható a nyugati látóhatár felett, napnyugtát követően. Alig több, mint háromnegyed órával nyugszik a Nap után. Fényessége $-3^m,9$, átmérője $10''$ -ről $11''$ -re nő, fázisa $0,97$ -ről $0,92$ -ra csökken.

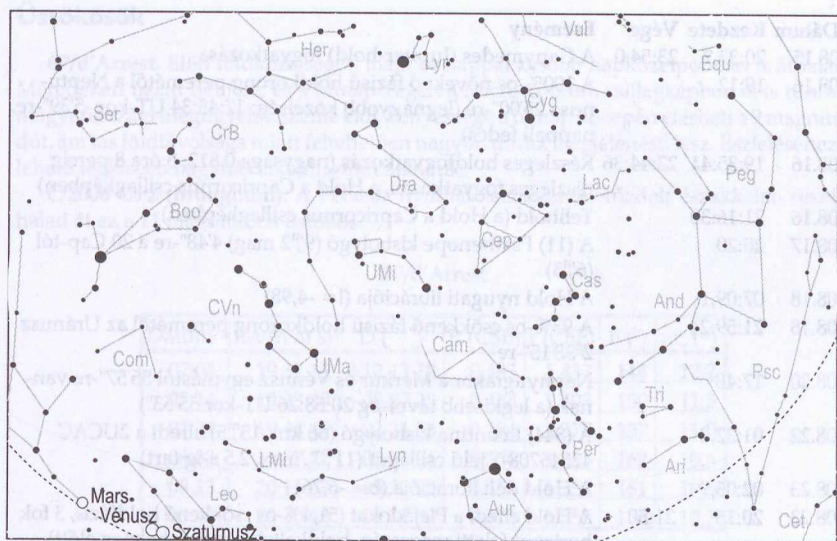
Mars: Az esti órákban látható az Oroszlán majd a Vízöntő csillagképben. A hónap elején még másfél, a végén egy órával nyugszik a Nap után. Fényessége $1^m,7$, átmérője $4,1''$ -ről $3,9''$ -re csökken.

Jupiter: Hátráló mozgást végez a Nyilas csillagképben. Az éjszaka első felében látható a déli ég alján, hajnalban nyugszik. Fényessége $-2^m,6$, átmérője $45''$.

Szaturnusz: A hónap első felében még kereshető napnyugta után a nyugati ég alján, de láthatósága gyorsan romlik. A hónap elején még másfél órával nyugszik a Nap után. Fényessége $0^m,8$, átmérője $16''$.

Uránusz: Az esti órákban kel. Az éjszaka nagy részében látható a Vízöntő csillagképben.

Neptunusz: Csaknem egész éjszaka látható a Bak csillagképben. 15-én van szembenézés a Nappal.



Az északi égbolt augusztus 15-én 20:00-kor (KÖZEI)

Eseménynaptár

Dátum	Kezdet	Vége	Esemény
08.01	09:02:40	10:38:12	Részleges napfogyatkozás (nagysága 0,196)
08.01	10:12:33		Újhold (a Hold a Gemini csillagképben)
08.02	18:17		A 2,4%-os növekvő fázisú holdkorong peremétől a Vénusz $3^{\circ}43'37''$ -re (legnagyobb közelség: 11:28:06 UT-kor $2^{\circ}22'40''$ -re)
08.04	16:59,0		A Hold keleti librációja ($l = 6,15$)
08.05	23:31		A Neptunusz $8'41''$ -re megközelíti a 42 Cap-t (legkisebb távolság $22:43:35$ UT-kor $8'41''$)
08.06	01:50:50		A Neptunusz $30''$ -re megközelíti a TYC 5799-01136-1-et (9^m5)
08.08	20:20:17		Első negyed (a Hold a Libra csillagképben)
08.09	00:13,4		A Hold északi librációja ($b = 6,88$)
08.10	20:15,6		A Hold földtávolban (404 594 km, $1772,1''$)
08.11	19:06,1		A Hold eléri legkisebb deklinációját ($-28,5^{\circ}$)
08.13	18:00		Napnyugtakor a Vénusz és a Szaturnusz egymástól $13'38''$ -re vannak (legkisebb távolság $17:00:33$ UT-kor $13'21''$)
08.13	19:07,5	23:07,9	A Callisto (Jupiter-hold) fogyatkozása
08.13	19:19		A 90,6%-os növekvő fázisú holdkorong peremétől a Jupiter $3^{\circ}58'24''$ -re (legnagyobb közelség: $13:12:59$ UT-kor $3^{\circ}10'20''$ -re)
08.15	07:42,6		A Neptunusz oppozícióban ($2,3''$, 7^m8 , Capricornus csillagkép)
08.15	17:57		Napnyugtakor a Merkúr és a Szaturnusz egymástól $38'31''$ -re vannak (legkisebb távolság $19:22:04$ UT-kor $38'07''$)

Dátum	Kezdet	Vége	Esemény
08.15	20:33,7	23:54,0	A Ganymedes (Jupiter-hold) fogyatkozása
08.16	19:12		A 100%-os növekvő fázisú holdkorong peremétől a Neptunusz 25°00'-re (legnagyobb közelség: 17:45:34 UT-kor -5°39'-re, nappali fedés)
08.16	19:35:41	22:44:36	Részleges holdfogyatkozás (nagysága 0,812, 3 óra 8 percig részleges fogyatkozás, a Hold a Capricornus csillagképben)
08.16	21:16:30		Telihold (a Hold a Capricornus csillagképben)
08.17	20:20		A (11) Parthenope kisbolygó (9 ^m ;2 mag) 4°48'-re a 20 Cap-tól (6 ^m ;3)
08.18	07:09,1		A Hold nyugati librációja (l= -4,98)
08.18	21:59:24		A 95%-os csökkenő fázisú holdkorong peremétől az Uránusz 2°38'15"-re
08.20	17:48		Napnyugtakor a Merkúr és Vénusz egymástól 55°57'-re vannak (a legkisebb távolság 20:58:26 UT-kor 55°53')
08.22	01:32,3		A (844) Leontina kisbolygó (66 km, 15 ^m ;5) elfedi a 2UCAC 42546708-1 jelű csillagot (11 ^m ;7, max. 2,5 s-ig tart)
08.23	02:03,9		A Hold déli librációja (b= -6,76)
08.23	20:15	21:50	A Hold elfedi a Plejádokat (51,4%-os csökkenő holdfázis, 3 fok horizont feletti magasság, holdkeltakor már a halmaz előtt)
08.23		20:43:25	A Hold mögül kilép a 17 Tau, az Electra (3 ^m ;7, 51,5%-os csökkenő holdfázis)
08.23		20:46:03	A Hold mögül kilép a 16 Tau, a Celaeno (5 ^m ;5, 51,5%-os csökkenő holdfázis)
08.23		20:47:07	A Hold mögül kilép a 19 Tau, a Taygeta (4 ^m ;3, 51,5%-os csökkenő holdfázis)
08.23	20:50:50		A Hold súrolva elfedi az Asteropet (21 Tau, 5 ^m ;8, Plejádok), 51,4%-os csökkenő holdfázis, a holdkorong északi pereme
08.23		21:07:51	A Hold mögül kilép a 20 Tau, a Maia (3 ^m ;9, 51,3%-os csökkenő holdfázis)
08.23		21:19:12	A Hold mögül kilép az η Tau, az Alcyone (2 ^m ;9, 51,2%-os csökkenő holdfázis)
08.23	23:49:33		Utolsó negyed (a Hold a Taurus csillagképben)
08.25	06:41,9		A Hold eléri legnagyobb deklinációját (+27,2°)
08.26	03:50,2		A Hold földközeli (368 660 km, 1944,8 ^m)
08.28		01:10:08	A Hold mögül kilép μ Cancri (5 ^m ;3, 9%-os csökkenő holdfázis)
08.28	06:55,8		A Hold minimális librációja (l= 3,16, b= -1,82)
08.29		03:27	40 ó 31 p-es holdsarló 12,4 fok magasan a hajnali égen
08.30	19:58:04		Újhold (a Hold a Sextans csillagképben)

Üstökösök

6P/d'Arrest. Eléri földközelségét, majd öt nappal később napközelpontján is áthalad. Meredeken halad dél felé, és a hónap végén a Microscopium csillagképben el is tűnik a magyarországi megfigyelők szeme elől. Fényessége a hónap közepén elérheti a 9 magnitúdót, ám kis földtávolsága miatt feltehetően nagyon diffúz megjelenésű lesz. Észleléséhez a lehető legkisebb nagyítás alkalmazását ajánljuk.

C/2006 OF2 (Broughton). A Perseus nyílthalmazokkal teletűzdelt északkeleti részén halad át ez a 11 magnitúdós üstökös.

6P/d'Arrest

Dátum	RA (h m s)	D (° ' ")	R (CSE)	r (CSE)	E (°)	m_v (m)
07.04.	19 32 15	+12 13 18	0,485	1,437	144	12,2
07.14.	19 38 49	+08 27 25	0,428	1,403	150	11,5
07.24.	19 46 46	+02 21 53	0,384	1,377	157	11,0
08.03.	19 57 22	-05 57 04	0,359	1,361	162	10,6
08.13.	20 11 53	-15 29 02	0,355	1,354	161	10,5
08.23.	20 30 48	-24 31 32	0,375	1,357	153	10,7

Kisbolygó

(11) Parthenope. Tökéletes helyzetben láthatjuk, mivel néhány héttel napközelsége előtt kerül szembenállásba. A θ Capricorni közelében látszó kisbolygót ezért augusztus 6-a környékén a lehető legnagyobb, 8,8 magnitúdós fényesség mellett észlelhetjük. 17-én este 5 ípercre megközelíti a 6,2 magnitúdós 20 Capricornit.

Teljes napfogyatkozás augusztus 1-jén

Az év második napfogyatkozása teljes napfogyatkozása lesz, amely tőlünk részlegesen látható a déli órákban. A teljesség sávja Észak-Kanadából indul, érinti Grönland északi szegletét, keresztezi Novaja Zemlját, majd Szibérián és Mongólia nyugati határvidékén keresztül száguldva Kína keleti részén ér véget.

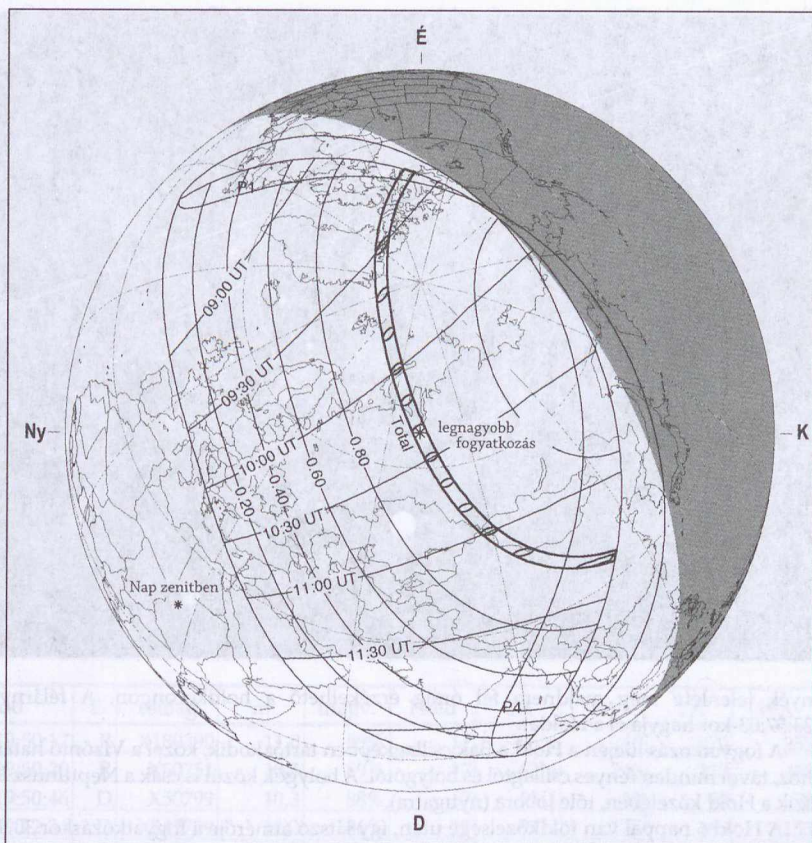
A félárnyék első érintésére 8:04:08-kor kerül sor, az árnyék 9:21:02-kor érinti a kanadai tundrát. A fogyatkozás maximuma 10:21:02-kor van, ekkor a totalitás 2 perc 27 másodperc hosszú, az árnyékkúp 236 km széles, és már éppen Szibériában tartózkodik. A fogyatkozás nagysága 1,0394 magnitúdó. Az árnyék 11:21:20-kor pattan el a felszíntől, a félárnyék csak 12:38:21-kor távozik bolygónkról.

Budapestről nézve a holdkorong 9:02:39-kor érinti a Nap korongját. A fogyatkozás közepén, 9:50:22-kor a Nap felszínének ötöde takarásban van, a fogyatkozás magnitúdója 0,197, a Nap 58° magasan látszik a horizont felett. A fogyatkozás 10:38:18-kor ér véget számunkra.

Ez a napfogyatkozás a 72 eseményt adó 126-os Szárosz-család 47. tagja.

Magyarország nagyobb városaira érvényes kontaktus-adatokat az alábbi táblázat tartalmazza.

Város	K. h.	É. sz.	magasság	U1	PA	alt	maximum	alt	U4	PA	alt	mag
Békéscsaba	21° 05'	46° 41'	90	9:07:13,7	352	55,2	9:54:50,7	59,6	10:42:25,6	65	61,2	0,192
Budapest	19° 05'	47° 30'	120	9:02:38,8	351	53,1	9:50:22,2	58,0	10:38:18,0	65	60,3	0,197
Debrecen	21° 37'	47° 32'	123	9:04:43,0	349	54,5	9:54:59,0	58,9	10:45:11,0	68	60,3	0,122
Eger	20° 23'	47° 54'	170	9:02:26,0	349	53,4	9:52:23,2	58,1	10:42:25,7	68	60,0	0,220
Győr	17° 38'	47° 41'	119	9:00:46,2	351	52,1	9:47:33,6	57,1	10:34:42,1	64	59,9	0,190
Kaposvár	17° 47'	46° 22'	141	9:05:51,0	355	53,7	9:48:52,7	58,4	10:32:09,7	61	61,1	0,153
Kecskemét	19° 41'	46° 54'	122	9:05:17,4	352	54,2	9:52:00,8	58,8	10:38:51,3	64	60,9	0,185
Miskolc	20° 47'	48° 06'	130	9:02:09,0	348	53,4	9:52:55,3	58,1	10:43:44,8	68	59,8	0,229
Nagykanizsa	17° 00'	46° 28'	168	9:04:49,9	355	53,1	9:47:18,2	57,9	10:30:05,7	60	60,8	0,150
Nyíregyháza	21° 43'	47° 57'	115	9:03:27,0	348	54,1	9:54:44,8	58,6	10:45:58,9	69	59,9	0,233
Pécs	18° 14'	46° 05'	160	9:07:24,1	356	54,3	9:49:59,4	58,9	10:32:47,0	60	61,5	0,149
Salgótarján	19° 48'	48° 05'	256	9:01:20,6	349	52,9	9:51:10,8	57,7	10:41:10,7	67	59,8	0,220
Sopron	16° 34'	47° 41'	223	8:59:50,6	351	51,4	9:46:36,8	56,5	10:31:49,4	63	59,6	0,182
Szeged	20° 09'	46° 15'	90	9:08:08,5	354	55,2	9:53:31,1	59,6	10:38:56,4	63	61,6	0,171
Szekszárd	18° 42'	46° 21'	110	9:06:38,3	354	54,2	9:50:39,4	58,9	10:34:51,4	62	61,3	0,161
Székesfehérvár	18° 25'	47° 12'	111	9:03:09,1	352	53,1	9:49:24,0	57,9	10:35:54,0	64	60,5	0,183
Szolnok	20° 11'	47° 11'	89	9:04:41,7	351	54,1	9:52:41,1	58,7	10:40:45,3	65	60,7	0,198
Szombathely	16° 38'	47° 13'	213	9:01:34,2	353	52,1	9:46:02,8	57,0	10:30:55,4	62	60,0	0,169
Tatabánya	18° 25'	47° 34'	185	9:01:51,1	351	52,7	9:49:05,8	57,6	10:36:38,0	64	60,1	0,193
Veszprém	17° 45'	47° 06'	260	9:02:57,5	353	52,8	9:48:13,8	57,7	10:33:48,3	63	60,4	0,174
Zalaegerszeg	16° 51'	46° 50'	156	9:03:15,4	354	52,5	9:46:44,7	57,5	10:30:35,4	61	60,5	0,159

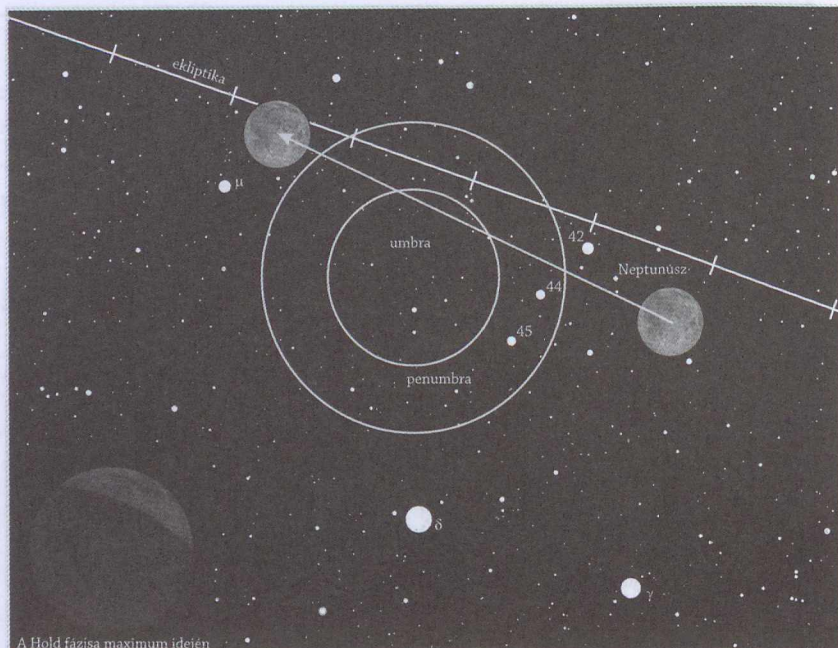


Napfogyatkozás augusztus 1-jén

Részleges holdfogyatkozás augusztus 16-án

Az év utolsó fogyatkozása egy nagyfokú részleges holdfogyatkozás augusztus 16-án, mely Magyarországról teljes egészében látható. A jelenség az esti és kora éjszakai órákban zajlik, jó alkalmat biztosítva a megfigyelésre, bemutatásra.

A félárnyék röviddel holdkelte után, 18:23:05-kor érinti a Holdat, noha jelenlétét nem látni egészen 19:05-ig. Ekkor már észrevehető egy halvány barnás-szürkés homály a holdkorong bal alsó szélén, mely lassan rátelepszik a Holdra. A részleges fázis 19:35:41-kor kezdődik és 21:10:06-kor éri el maximális értékét. Ekkor a fogyatkozás magnitúdója 0,8124, a Hold déli pereme 24,9 ívperc mélyen merül az árnyékba, és 16,5 ívpercre van annak közepétől. A Hold északi pereme ellenben 5,8 ívpercnnyire kilóg az árnyékból, ami drámai eltérést okoz a Hold különböző részeinek megjelenésében, igazán látványossá téve a fogyatkozást. A részleges fázis 22:44:36-kor ér véget, ám a félár-



nyék jelenléte még majdnem fél óráig érzékelhető a holdkorongon. A félárnyék 23:57:03-kor hagyja el a Holdat.

A fogyatkozás idején a Hold a Bak csillagképben tartózkodik, közel a Vízöntő határához, távol minden fényes csillagtól és bolygótól. A bolygók közül is csak a Neptunusz látszik a Hold közelében, tőle jobbra (nyugatra).

A Hold 6 nappal van földközelsége után, így látszó átmérője a fogyatkozáskor 30,92'. Az umbra átmérője 1°22,8', a penumbra látszó mérete 2°27,3'.

Ez a fogyatkozás a 138-as Szárosz-sorozat 29. tagja a 83-ból.

Félárnyékos fogyatkozás kezdete:	18:24:49 UT
Részleges fogyatkozás kezdete:	19:36:07 UT
Legnagyobb fázis időpontja:	21:10:09 UT
Részleges fogyatkozás vége:	22:44:16 UT
Félárnyékos fogyatkozás vége:	23:55:25 UT

Kráterkontaktusok az augusztus 16-i holdfogyatkozáskor (Fred Espenak nyomán, az előrejelzések figyelembe veszik a Föld légkörének 1%-os megnagyobbodását)

Kráterbelépések az árnyékba

Grimaldi	19:43	Tycho	19:59
Billy	19:47	Kepler	20:03
Campanus	19:54	Aristarchus	20:11

Copernicus	20:14	Menelaus	20:41
Pytheas	20:22	Langrenus	20:44
Dionysius	20:32	Plinius	20:45
Timocharis	20:34	Taruntius	20:49
Manilius	20:35	Proclus	20:57
Goclenius	20:38		

Kráterkilépések az árnyékból

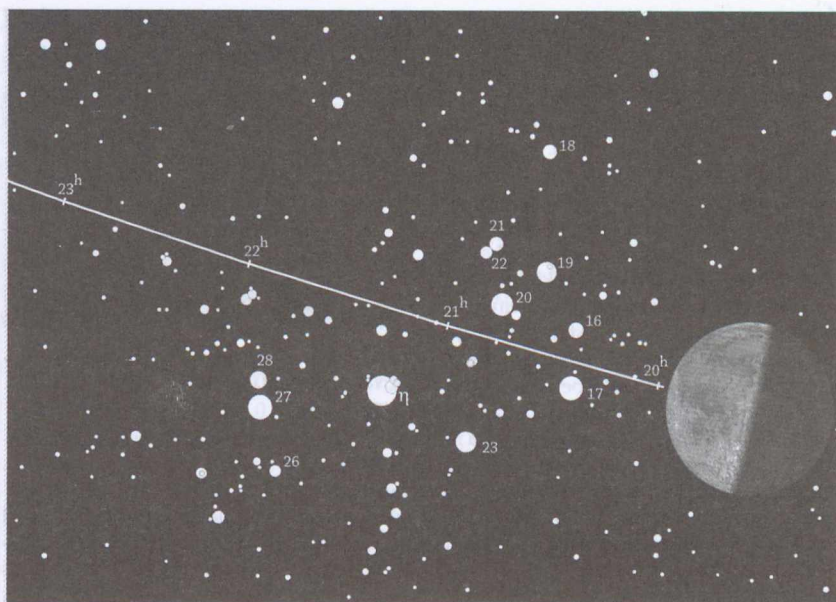
Arisztarchus	21:28	Plinius	22:01
Timocharis	21:35	Proclus	22:07
Pytheas	21:39	Campanus	22:09
Grimaldi	21:43	Dionysius	22:11
Kepler	21:43	Taruntius	22:18
Copernicus	21:49	Tycho	22:22
Billy	21:53	Goclenius	22:30
Manilius	21:57	Langrenus	22:33
Menelaus	21:58		

Csillagfedések az augusztus 16-i részleges holdfogyatkozás során

idő – UT-ban (h:m:s); **E** – esemény (D-eltűnés, R-előbukkanás); **csillag** – a csillag ZC száma; **m** – a csillag fényessége (m); **megv.** – A Hold megvilágítottága %-ban a fogyatkozás során; **Hold** – a Hold magassága (fok); **CA, PA, VA, WA** – az esemény pozíciósöge (fok) (l. az Amatőr csillagászok kézikönyvében, a 2006-os kiadásban a 293. oldalon)

Idő	E	csillag	m	megv.	Hold	CA	PA	VA	WA
19:50:17	R	X180390	11,0	89%	17	-63N	240	270	258
19:50:20	R	X50751	10,5	89%	17	-63N	240	270	258
19:50:46	D	X50799	10,3	88%	17	99U	60	90	78
19:52:34	D	X241739	12,2	86%	17	91U	135	165	153
19:53:42	R	X241707	11,1	85%	17	-82S	204	233	222
19:57:37	R	X50763	10,7	80%	18	-75N	227	256	245
19:58:44	D	X180529	11,4	79%	18	80U	93	122	111
20:0:26	D	X180507	11,3	76%	18	80S	41	70	59
20:8:32	R	X180456	12,0	65%	19	-79S	198	225	216
20:9:46	D	X180520	10,8	64%	19	103U	36	63	54
20:19:22	D	X180555	11,4	51%	20	61U	113	139	131
20:20:12	R	164613	9,6	50%	21	-26N	269	294	287
20:22:33	D	X180506	11,9	47%	21	74N	8	33	26
20:23:56	D	164626	8,7	45%	21	74N	7	32	25
20:33:31	D	164628	8,9	34%	22	75N	4	28	22
20:37:34	D	X241788	11,8	30%	22	71U	73	96	91
20:38:18	D	X50836	11,6	30%	22	56U	99	122	117
20:41:12	D	X180510	11,3	27%	23	61N	346	9	4

Idő	E	csillag	m	megv.	Hold	CA	PA	VA	WA
20:41:20	D	X241778	11,7	28%	22	49U	144	167	162
20:42:33	R	X241729	12,0	26%	23	99U	234	256	252
20:47:3	R	164622	9,5	23%	23	101U	245	267	263
20:48:17	R	X241778	11,7	22%	23	47U	155	177	173
20:50:13	D	X241760	11,8	21%	24	74N	354	15	12
20:51:34	R	X241730	11,7	20%	24	-8N	271	292	290
20:59:42	D	X180616	11,3	16%	24	72U	77	97	95
21:2:8	R	X180529	11,4	16%	24	67U	207	226	225
21:3:5	R	X180510	11,3	15%	25	42N	312	331	330
21:4:3	D	X241804	11,4	15%	24	50U	114	133	132
21:4:46	D	X180625	11,5	15%	25	67U	88	107	106
21:5:4	D	X241803	12,0	15%	25	83U	62	81	80
21:5:13	R	X180555	11,4	15%	24	51U	186	205	205
21:6:33	R	X50799	10,3	15%	25	85U	241	259	259
21:10:17	R	X180506	11,9	15%	25	27S	291	309	309
21:10:58	R	164626	8,7	15%	25	28S	292	309	310
21:12:30	R	X180507	11,3	15%	25	92U	259	276	277
21:16:51	D	X50845	10,0	15%	26	55N	22	39	40
21:17:35	R	164628	8,9	15%	26	37S	294	311	312
21:20:1	R	X180520	10,8	16%	26	91U	263	279	281
21:22:57	R	X241760	11,8	17%	26	52S	303	319	321
21:23:18	D	X180661	10,7	17%	26	75U	93	109	111
21:25:38	D	164649	9,8	18%	26	35N	33	48	51
21:26:33	D	X180577	11,4	18%	27	82N	345	0	3
21:37:26	R	X50836	11,6	25%	27	49U	198	212	216
21:47:34	R	X241804	11,4	34%	27	50U	182	193	200
21:47:35	D	X241835	11,8	34%	28	-37N	80	92	98
21:49:43	R	X180577	11,4	37%	28	89S	310	321	328
21:52:41	R	X241788	11,8	39%	28	64U	223	234	241
21:54:18	G	X241826	11,8	41%	28	69U	147	157	165
21:54:50	D	X241812	11,4	42%	28	28N	6	17	25
21:57:46	D	X180688	12,0	45%	28	-5N	37	47	55
22:10:12	D	X50872	10,1	61%	29	-2N	23	31	41
22:11:31	M	X180614	11,1	63%	29	54N	326	333	344
22:12:7	R	X180625	11,5	64%	28	69U	207	214	225
22:13:4	R	X180616	11,3	65%	28	72U	217	224	235
22:20:5	D	X180730	11,2	75%	29	-35N	48	54	66
22:21:30	R	X50845	10,0	77%	29	78S	271	276	289
22:26:7	R	X180661	10,7	82%	29	81U	200	205	218
22:27:31	D	X180759	11,9	84%	29	-74N	83	87	101
22:32:6	R	X241821	12,3	89%	29	87U	202	206	221



Plejádok-fedés augusztus 23-án

A Perseidák meteorraj

Ha valaki nyáron „hullócsillagot” lát, azonnal a legismertebb raj jut róla az eszébe. Tény, hogy a Perseidák az egyik leglátványosabb raj sárga, fényes, sokszor nyomot hagyó meteorjaival. Július 15. és augusztus 22. között lehet megfigyelni az ehhez az áramlathoz tartozó meteorokat. Maximuma általában augusztus 12-én vagy 13-án van. A 80-as években többszörös maximumot lehetett megfigyelni. 1993-ban, miután egy évvel korábban a szülőüstököse, a 109P/Swift–Tuttle napközelen járt, látványos kitérésnek lehettünk szemtanúi. A megfigyelők óránként 200–500 meteort láttak. Az utóbbi 10–12 évben csökkent a fényes rajtagok száma, inkább a halványabbak voltak túlsúlyban. Az idén majdnem teleholdra esik a maximuma, de mint már többször bebizonyosodott, érdemes a fényesen világító Hold ellenére is „kifeküdni” az éjszakába és észlelni. Az előrejelzések szerint ebben az évben növekvő aktivitásra lehet számítani. Augusztus 10-éig csak 6–8 meteor várható óránként, majd ez a szám megugrik 80–100 darabra (ZHR 100–130) augusztus 12-én, hogy aztán 13-a után visszaessen a 4–5 darab/óra szintre. Már az ősi kínai, japán és koreai krónikák is beszámoltak az augusztusi „hullócsillagokról”. Adolphe Quételet 1835-ben írta le először, hogy ez a raj minden év augusztusában látható. Részletes vizsgálata 1839-ben kezdődött. A raj szerkezete nagyon összetett. Pályáját erősen befolyásolja a Jupiter, és az óriásbolygó 12 éves keringési periódusa kimutatható a megfigyelési adatokból.

Évforduló

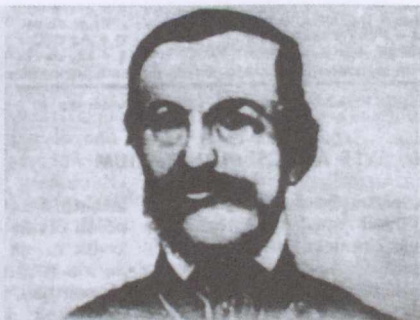
(Montedegói) Albert Ferenc: 125 éve halt meg (Eger, 1883. augusztus 9.)

Klagenfurtban (Ausztria) született olasz családban, 1811. január 1-jén. Magyarul csak felnőtt korában tanult meg, bár igen jól! Csillagász, egyetemi, majd liceumi tanár. Apja, Albert József Egerben telepedett le, a gyermek Albert Ferenc itt ismerkedett meg Tittel Pál csillagással, aki 1824-ben magával vitte a gellérthegyi Egyetemi Observatóriumba, ahol asszisztensként majd adjunktusként dolgozott (1825-ben üstökös fedezett fel). 1836-tól a pesti Kir. Egyetem Mérnökképző Intézetének tanára.

Buda ostromakor a gellérthegyi csillagda műszereinek megmentője (1849). A csillagda pusztulása után állását veszítette. 1851-től az egri Líceum tanára, a Specola vezetője, könyvtáros. Kiváló észlelő, főleg megfigyelő csillagászáttal foglalkozott, írt tankönyveket is, melyek kéziratban maradtak. Csillagászati táblázatokat is készített. Az egri csillagda ódon műszereivel üstökösöket észlelt, csillag-parallaxist mért. Utóbb földrajzi helymeghatározásokat és szabatos természetrajzi leírást készített Heves megyéről. Szorgos ismeretterjesztő volt, számos hírlapi közleményt és népszerűsítő cikket is írt. Emléktáblája Egerben, a Bajcsy Zs. u. 1. sz. ház falán található.

Fő m.: Heves és Külső – Szolnok ... leírása, Eger, 1886. – MOTv 1842

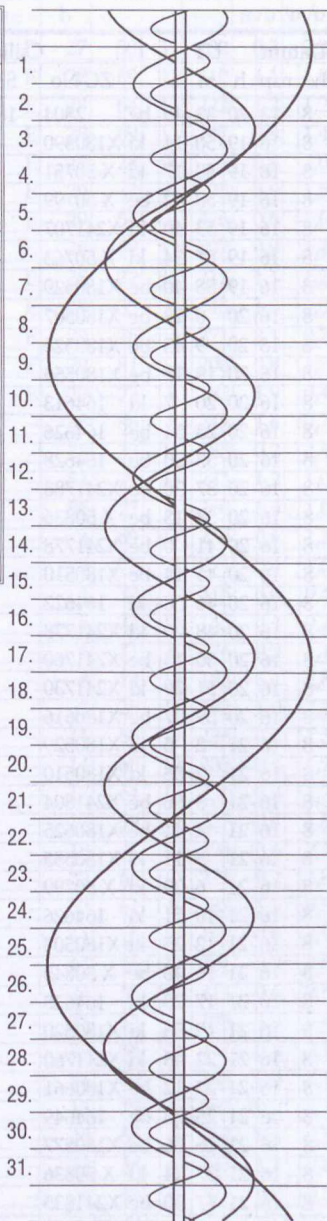
(A kettőscsillagokról), és egri gyűlés, 1868. (Tittel Pál élete). – A pár nap óta feltűnt szép üstökösről, Egri Értesítő, 1861. júl. 7. – A Naprendszer, é. n. – Több kalendáriumot és lexikon címszót szerkesztett. **Biogr.:** Chyzer K.: A Magyar Orvosok és Term. vizsgálók 1886. évi nagygyűlése ... p. 5 – 8, 1889. – Zétényi E.: A. F. Az Egri Pedagógiai Főiskola füzetei, 263. sz. Eger, 1962. – Bartha Lajos: A. F. emlékezete, Föld és Ég, 1986/3. – Vasné Tana J.: A. F. és az egri csillagásztorony. Eger, 2000. Mrs Vas, J. Tana: F. A. and the Astronomical Tower in Eger. Eger 2001 – Szinnyei I. – Magyarok.



Albert Ferenc portréja (Föld és Ég folyóirat, 1986/3, Ifj. Bartha Lajos cikke)

Jupiter-holdak

d	UT	hold	j	d	UT	hol	j	d	UT	hold	j
	h:m				h:m	d			h:m		
1.	1:4,6	I	fv	10.	18:47,1	I	áv	18.	19:50,5	E	ek
	19:32,8	I	ek	11.	19:2,0	E	ák		21:37,3	E	ák
	20:06,7	I	ák		20:14,4	E	ev		22:34,2	E	ev
	21:49,1	I	ev		21:46,7	E	áv	20.	19:28,0	E	fv
	22:23,2	I	áv	13.	19:07,5	C	fk		21:21:12,4	C	ev
2.	19:33,2	I	fv		23:7,9	C	fv		22:20:40,0	G	mk
	20:54,9	E	mk	15.	20:25,7	G	mv	23.	22:02,3	I	mk
3.	0:54,2	E	fv		20:33,7	G	fk	24.	19:21,5	I	ek
4.	19:11,5	E	áv		23:06,1	I	ek		20:21,2	I	ák
5.	0:04,3	G	ek		23:54,0	G	fv		21:37,2	I	ev
8.	0:01,4	I	mk		23:57,0	I	ák		22:37,3	I	áv
	19:53,5	G	fv	16.	20:14,6	I	mk	25.	19:46,5	I	fv
	21:18,9	I	ek		23:22,8	I	fv		22:12,5	E	ek
	22:01,8	I	ák	17.	18:25,9	I	ák	27.	22:05,4	E	fv
	23:35,1	I	ev		19:49,0	I	ev	31.	21:11,1	I	ek
9.	0:18,2	I	áv		20:42,1	I	áv		22:16,5	I	ák
	21:27,9	I	fv								
	23:14,1	E	mk								



A Hold csillagfedései augusztusban

Dátum		UT			J	Csillag			Hold			C		PA	A	B
hó	nap	h	m	s		ZC No	SAO	m	fázis	h				m/o	m/o	
8	13	20	33	49	be	2804	187835	5,8	91	+	17	54	É	41	1,4	0,7
8	16	19	50	14	ki	X180390		11,0	89	E	17	-63	É	240	1,1	1,7
8	16	19	50	17	ki	X 50751		10,5	89	E	17	-63	É	240	1,1	1,7
8	16	19	50	42	be	X 50799		10,3	88	E	17	99	U	60	1,1	1,7
8	16	19	53	40	ki	X241707		11,1	85	E	17	-82	D	204	0,9	2,0
8	16	19	57	34	ki	X 50763		10,7	80	E	18	-74	É	227	1,1	1,8
8	16	19	58	40	be	X180529		11,4	79	E	18	80	U	93	1,4	1,3
8	16	20	0	23	be	X180507		11,3	76	E	18	80	D	41	1,0	1,8
8	16	20	9	43	be	X180520		10,8	64	E	19	103	U	36	1,0	1,8
8	16	20	19	17	be	X180555		11,4	51	E	20	61	U	113	1,8	0,8
8	16	20	20	7	ki	164613		9,6	50	E	21	-26	É	269	1,5	1,2
8	16	20	23	54	be	164626		8,7	45	E	21	74	É	7	0,7	2,3
8	16	20	33	30	be	164628		8,9	34	E	22	75	É	4	0,5	2,4
8	16	20	37	30	be	X241788		11,8	30	E	22	71	U	73	1,4	1,3
8	16	20	38	13	be	X 50836		11,6	30	E	22	56	U	99	1,7	1,0
8	16	20	41	0	be	X241778		11,7	28	E	22	49	U	144	6,1	-4,0
8	16	20	41	14	be	X180510		11,3	27	E	23	61	É	346	-0,5	3,5
8	16	20	46	58	ki	164622		9,5	23	E	23	101	U	245	1,4	1,3
8	16	20	48	20	ki	X241778		11,7	22	E	23	47	U	156	-3,8	6,9
8	16	20	50	13	be	X241760		11,8	21	E	24	74	É	353	0,1	2,8
8	16	20	51	29	ki	X241730		11,7	20	E	24	-8	É	271	1,7	1,0
8	16	20	59	37	be	X180616		11,3	16	E	24	72	U	77	1,6	1,1
8	16	21	2	5	ki	X180529		11,4	16	E	24	67	U	207	1,0	1,7
8	16	21	2	55	ki	X180510		11,3	15	E	25	42	É	313	3,6	-0,9
8	16	21	3	56	be	X241804		11,4	15	E	24	50	U	114	2,3	0,4
8	16	21	4	41	be	X180625		11,5	15	E	25	67	U	88	1,7	1,0
8	16	21	5	11	ki	X180555		11,4	15	E	24	52	U	187	0,6	2,1
8	16	21	6	29	ki	X 50799		10,3	15	E	25	85	U	241	1,4	1,3
8	16	21	10	51	ki	164626		8,7	15	E	25	28	D	292	2,3	0,4
8	16	21	12	25	ki	X180507		11,3	15	E	25	92	U	259	1,6	1,0
8	16	21	16	48	be	X 50845		10,0	15	E	26	55	É	22	0,9	1,8
8	16	21	17	28	ki	164628		8,9	15	E	26	37	D	294	2,4	0,2
8	16	21	19	56	ki	X180520		10,8	16	E	26	91	U	263	1,7	0,9
8	16	21	22	48	ki	X241760		11,8	17	E	26	52	D	304	3,0	-0,3
8	16	21	23	12	be	X180661		10,7	17	E	26	75	U	93	1,9	0,7
8	16	21	25	35	be	164649		9,8	18	E	26	35	É	33	1,1	1,5
8	16	21	26	36	be	X180577		11,4	18	E	27	82	É	345	-1,0	3,5
8	16	21	37	24	ki	X 50836		11,6	25	E	27	49	U	198	0,8	1,7
8	16	21	47	30	be	X241835		11,8	34	E	27	-37	É	80	1,8	0,8

Dátum		UT			J	Csillag			Hold			C	PA	A	B	
hó	nap	h	m	s		ZC No	SAO	m	fázis	h			m/o	m/o		
8	16	21	47	33	ki	X241804		11,4	34	E	27	50	U	182	0,3	2,2
8	16	21	49	33	ki	X180577		11,4	36	E	28	89	D	310	4,1	-1,5
8	16	21	52	37	ki	X241788		11,8	39	E	28	64	U	223	1,2	1,2
8	16	21	54	14	be	X241826		11,8	41	E	28	69	U	147	0,8	1,4
8	16	21	54	48	be	X241812		11,4	42	E	28	28	É	6	0,4	2,0
8	16	22	10	10	be	X 50872		10,1	61	E	29	-2	É	23	0,9	1,5
8	16	22	11	26	be	X180614		11,1	63	E	29	54	É	326	0,6	-1,6
8	16	22	12	4	ki	X180625		11,5	64	E	28	69	U	207	0,9	1,4
8	16	22	13	0	ki	X180616		11,3	65	E	28	72	U	217	1,1	1,2
8	16	22	20	1	be	X180730		11,2	75	E	29	-35	É	48	1,3	1,0
8	16	22	21	24	ki	X 50845		10,0	76	E	29	78	D	271	2,1	0,2
8	16	22	26	4	ki	X180661		10,7	82	E	29	81	U	200	0,8	1,5
8	16	22	27	26	be	X180759		11,9	84	E	29	-73	É	83	1,9	0,4
8	17	23	16	38	ki	146188		7,0	99	-	35	86	É	248	1,6	0,7
8	18	23	2	50	ki	146693		7,5	95	-	38	33	D	185	0,2	2,4
8	21	2	13	50	ki	163	92255	7,3	81	-	54	79	D	233	1,3	1,0
8	22	1	22	44	ki	92732		7,8	71	-	56	77	É	260	1,5	1,0
8	23	20	43	25	ki	537	17 Tau	3,7	51	-	3	69	D	236	-0,6	1,3
8	23	20	46	3	ki	536	16 Tau	5,5	51	-	3	73	É	274	-0,4	1,0
8	23	20	47	7	ki	539	19 Tau	4,3	51	-	4	32	É	315	0,0	0,4
8	23	21	3	43	be	552	η Tau	2,9	51	-	5	-22	D	145	0,4	-0,2
8	23	21	7	51	ki	541	20 Tau	3,9	51	-	6	71	É	276	-0,3	1,1
8	23	21	19	12	ki	552	η Tau	2,9	51	-	8	14	D	182	-1,4	2,8
8	23	21	20	50	ki	549	24 Tau	6,3	51	-	8	25	D	192	-1,0	2,2
8	23	21	40	3	ki	553	76200	6,8	51	-	11	68	D	236	-0,4	1,5
8	23	22	2	4	ki	557	76216	7,0	50	-	14	65	D	233	-0,4	1,7
8	23	22	19	42	ki	76234		7,5	50	-	17	64	D	231	-0,3	1,7
8	23	22	20	7	ki	562	76236	6,6	50	-	17	59	D	227	-0,4	1,8
8	23	22	26	43	ki	76249		7,5	50	-	18	41	D	208	-0,6	2,1
8	23	22	48	39	ki	76259		7,4	50	-	22	66	D	234	-0,2	1,8
8	24	1	55	39	ki	76345		7,5	49	-	52	61	É	288	1,5	0,5
8	25	1	57	42	ki	76904		8,2	37	-	44	16	D	192	-0,8	4,9
8	25	2	2	12	ki	750	76903	6,9	37	-	44	26	D	201	-0,3	3,8
8	26	0	58	39	ki	912	77900	7,0	27	-	24	32	D	214	-0,6	2,8
8	26	1	58	23	ki	77960		7,7	26	-	33	12	D	195	-1,3	5,6
8	26	2	34	6	ki	77974		7,5	26	-	39	58	D	241	0,4	2,1
8	26	2	42	14	ki	926	77980	7,1	26	-	41	60	D	243	0,5	2,1
8	27	0	54	41	ki	79054		6,9	17	-	13	79	D	267	-0,2	1,3
8	27	1	43	27	ki	79098		8,7	17	-	20	65	É	304	0,4	0,5
8	27	2	25	36	ki	79134		8,9	17	-	27	38	É	331	1,1	-0,8
8	28	1	10	8	ki	1224	μ Cnc	5,3	9	-	4	46	É	327	0,2	-0,2

$\lambda = 19^\circ, \varphi = 47,5^\circ$ **Kalendárium – szeptember**

KÖZEI

dátum	Nap					Hold			fázis h m
	kel h m	delel h m	nyugszik h m	h_d °	E_t m	kel h m	delel h m	nyugszik h m	
36. hét									
1. h 245.	5*03	11*44	18*24	50,7	-0,0	6*52	12*55	18*44	
2. k 246.	5*04	11*44	18*22	50,3	+0,3	8*05	13*39	19*01	
3. sz 247.	5*06	11*43	18*20	50,0	+0,6	9*16	14*23	19*19	
4. cs 248.	5*07	11*43	18*18	49,6	+1,0	10*27	15*08	19*41	
5. p 249.	5*08	11*43	18*16	49,3	+1,3	11*37	15*56	20*08	
6. sz 250.	5*10	11*42	18*14	48,9	+1,6	12*43	16*45	20*42	
7. v 251.	5*11	11*42	18*12	48,5	+2,0	13*44	17*35	21*24	● 15*04
37. hét									
8. h 252.	5*12	11*42	18*10	48,1	+2,3	14*38	18*26	22*16	
9. k 253.	5*14	11*41	18*08	47,8	+2,6	15*21	19*17	23*18	
10. sz 254.	5*15	11*41	18*06	47,4	+3,0	15*56	20*07	-	
11. cs 255.	5*16	11*41	18*04	47,0	+3,3	16*24	20*56	0*25	
12. p 256.	5*18	11*40	18*02	46,6	+3,7	16*47	21*43	1*37	
13. sz 257.	5*19	11*40	18*00	46,2	+4,1	17*06	22*29	2*50	
14. v 258.	5*20	11*39	17*58	45,9	+4,4	17*24	23*14	4*04	
38. hét									
15. h 259.	5*22	11*39	17*56	45,5	+4,8	17*41	-	5*18	○ 10*13
16. k 260.	5*23	11*39	17*54	45,1	+5,1	17*59	0*00	6*35	
17. sz 261.	5*24	11*38	17*52	44,7	+5,5	18*20	0*48	7*54	
18. cs 262.	5*26	11*38	17*50	44,3	+5,8	18*45	1*39	9*15	
19. p 263.	5*27	11*38	17*48	43,9	+6,2	19*17	2*33	10*38	
20. sz 264.	5*28	11*37	17*45	43,5	+6,6	20*00	3*31	11*59	
21. v 265.	5*30	11*37	17*43	43,1	+6,9	20*56	4*33	13*11	
39. hét									
22. h 266.	5*31	11*37	17*41	42,8	+7,3	22*06	5*35	14*10	● 6*04
23. k 267.	5*32	11*36	17*39	42,4	+7,6	23*24	6*36	14*55	
24. sz 268.	5*34	11*36	17*37	42,0	+8,0	-	7*34	15*28	
25. cs 269.	5*35	11*36	17*35	41,6	+8,3	0*44	8*28	15*54	
26. p 270.	5*36	11*35	17*33	41,2	+8,7	2*03	9*17	16*15	
27. sz 271.	5*38	11*35	17*31	40,8	+9,0	3*20	10*04	16*33	
28. v 272.	5*39	11*35	17*29	40,4	+9,3	4*34	10*48	16*49	
40. hét									
29. h 273.	5*40	11*34	17*27	40,0	+9,7	5*46	11*32	17*06	● 9*12
30. k 274.	5*42	11*34	17*25	39,6	+10,0	6*58	12*16	17*24	

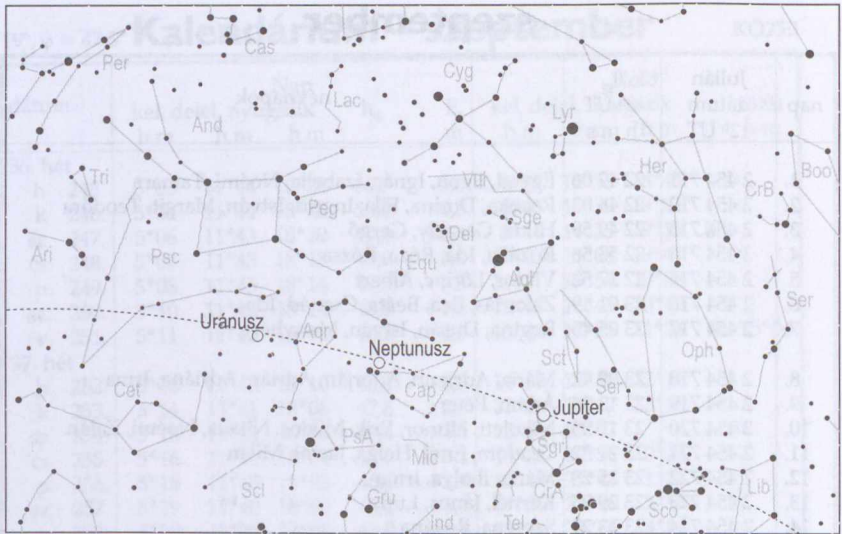
*A nyári időszámítás alatt a KÖZEI-ben megadott időpontokhoz egy órát hozzá kell adni!

szeptember

nap	Julián dátum 12 ^h UT	θ_{gr} 0 ^h UT h m s	névnapok
1.	2 454 711	22 42 06	Egyed, Egon, Ignác, Izabella, Noémi, Tamara
2.	2 454 712	22 46 03	Rebeka, Dorina, Ella, Ingrid, István, Margit, Teodóra
3.	2 454 713	22 49 59	Hilda, Gergely, Gergő
4.	2 454 714	22 53 56	Rozália, Ida, Róza, Rózsa
5.	2 454 715	22 57 52	Viktor, Lőrinc, Albert
6.	2 454 716	23 01 49	Zakariás, Bea, Beáta, Csanád, Ida
7.	2 454 717	23 05 45	Regina, Dusán, István, Menyhért
8.	2 454 718	23 09 42	Mária, Adrienn, Adorján, Adrián, Adriána, Irma
9.	2 454 719	23 13 39	Ádám, Péter
10.	2 454 720	23 17 35	Nikolett, Hunor, Erik, Miklós, Nikola, Noémi, Zalán
11.	2 454 721	23 21 32	Teodóra, Emil, Helga, Jácint, Milán
12.	2 454 722	23 25 28	Mária, Ibolya, Irma
13.	2 454 723	23 29 25	Kornél, János, Lujza
14.	2 454 724	23 33 21	Szeréna, Roxána
15.	2 454 725	23 37 18	Enikő, Melitta, Katalin, Loránd, Lóránt, Mária, Roland
16.	2 454 726	23 41 14	Edit, Ditta, Kornél, Kornélia, Lúcia, Soma
17.	2 454 727	23 45 11	Zsófia, Ildikó, Róbert
18.	2 454 728	23 49 08	Diána, József, Richárd
19.	2 454 729	23 53 04	Vilhelmina, Emília, Mária, Szabolcs, Tivadar, Vilma
20.	2 454 730	23 57 01	Friderika, Frida, Zsuzsa, Zsuzsanna
21.	2 454 731	0 00 57	Máté, Ildikó, Míra, Mirella
22.	2 454 732	0 04 54	Móric, Írisz, Ottó, Tamás
23.	2 454 733	0 08 50	Tekla, Ildikó, Ilona
24.	2 454 734	0 12 47	Gellért, Mercédesz, Gerda, Mária
25.	2 454 735	0 16 43	Eufrozina, Kende, Miklós, Nikolett, Nikoletta
26.	2 454 736	0 20 40	Jusztina, Dániel
27.	2 454 737	0 24 37	Adalbert, Albert, Károly, Vince
28.	2 454 738	0 28 33	Vencel, Bernát, Jusztina
29.	2 454 739	0 32 30	Mihály, Gábor, Gabriella, Rafael
30.	2 454 740	0 36 26	Jeromos, Felícia, Hunor, Őrs, Viktor, Zsófia

14. A bizánci naptár 7517. évének kezdete

29. A zsidó naptár 5769. évének kezdete napnyugtakor



A déli égbolt szeptember 15-én 20:00-kor (KÖZEI)

Bolygók

Merkúr: Helyzete megfigyelésére nem kedvező. A hónap első felében még kereshető napnyugta után a nyugati látóhatár közelében. 11-én van legnagyobb keleti kitérésben, $26,9^\circ$ -ra a Naptól. Ekkor háromnegyed órával, 15-én már csak fél órával nyugszik a Nap után.

Vénusz: Láthatósága a hónap végén javulni kezd, kezdetben háromnegyed, a végén egy órával nyugszik a Nap után. Alacsonyan, de feltűnően látszik a délnyugati esti égen. Fényessége -3^m9 , átmérője $11''$ -ről $12''$ -re nő, fázisa $0,92$ -ről $0,86$ -ra csökken.

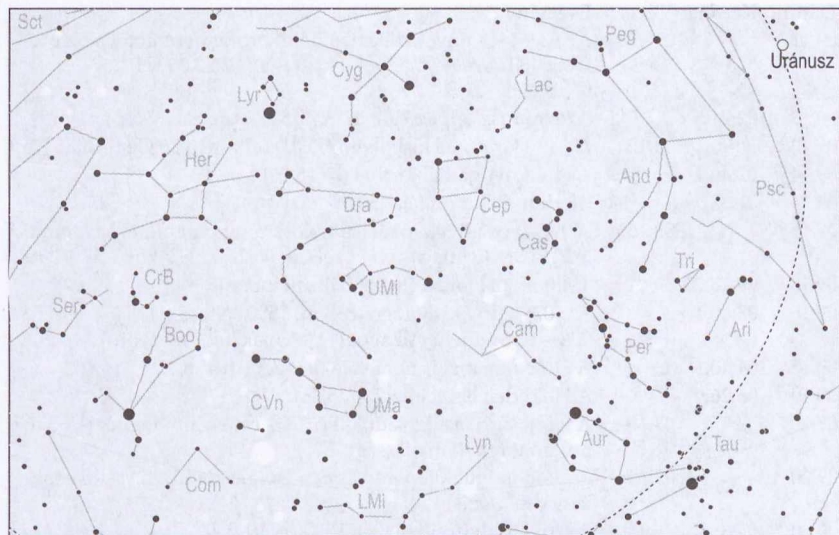
Mars: A kora esti órában látható napnyugta után a Vízöntő csillagképben. Hónap elején egy órával, a végén alig háromnegyed órával nyugszik a Nap után. Fényessége 1^m7 -ről 1^m6 -ra változik, átmérője $3,9''$ -ről $3,8''$ -re csökken.

Jupiter: Kezdetben hátráló, majd előretartó mozgást végez a Nyilas csillagképben. Éjfélkor nyugszik, az éjszaka első felében feltűnően látszik a délnyugati ég alján. Fényessége -2^m4 , átmérője $42''$.

Szaturnusz: 4-én van együttállásban a Nappal az Oroszlán csillagképben. A hónap második felében láthatósága gyorsan javul, a hónap végén már két órával kel a Nap előtt. A hajnali ég alján kereshető. Fényessége 0^m8 , átmérője $16''$.

Uránusz: Egész éjszaka látható a Vízöntő csillagképben. 13-án szembenállásban van a Nappal.

Neptunusz: Az éjszaka első felében figyelhető meg a Bak csillagképben. Kora hajnalban nyugszik.

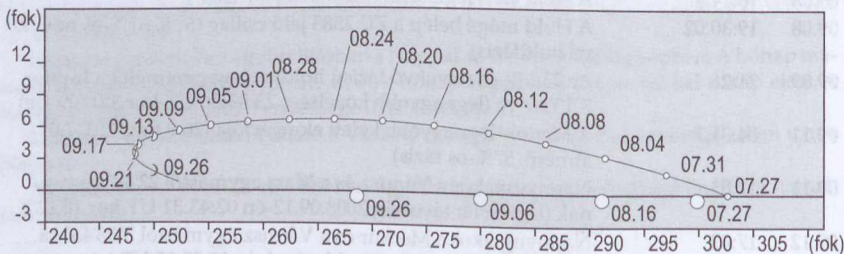


Az északi égbolt szeptember 15-én 20:00-kor (KÖZEI)

Eseménynaptár

Dátum	Kezdeté	Vége	Esemény
09.01	09:05,9		A Hold keleti librációja ($l = 5,28$)
09.02	18:39,1	19:01,2	Két Jupiter-hold (Io és Ganymedes) árnyéka látszik a bolygó korongján
09.03		00:08	A (43) Ariadne kisbolygó (9,8 mag) $1'26''$ -re a 2 Psc-től ($5^m,4$)
09.03	19:02,6		A Hold maximális librációja ($l = 4,44$, $b = 6,47$)
09.04	01:59,3		A Szaturnusz együttállásban a Nappal (Naptól $1,7$ fokra)
09.05	07:17,4		A Hold északi librációja ($b = 6,82$)
09.07	14:04:10		Első negyed (a Hold az Ophiuchus csillagképben)
09.07	14:57,9		A Hold földtávolban ($404\,254$ km, $1773,6''$)
09.08	16:14,4		A Hold eléri legkisebb deklinációját ($-28,3^\circ$)
09.08	19:30:02		A Hold mögé belép a ZC 2583 jelű csillag ($5^m,8$, 61%-os növekvő holdfázis)
09.09	21:26		Az 71,3%-os növekvő fázisú holdkorong peremétől a Jupiter $3^\circ 13' 16''$ -re (legnagyobb közelség: 23:43:36 UT-kor $3^\circ 04' 09''$ -re)
09.11	04:31,7		A Merkúr legnagyobb keleti elongációja ($26,9$ fok, $0^m,3$, $7,0''$ átmérő, 57%-os fázis)
09.11	17:05		Napnyugtakor a Vénusz és a Mars egymástól $22'48''$ -re vannak (legkisebb távolság 2008.09.12-én 02:43:31 UT-kor $18'12''$)
09.12	17:03		Napnyugtakor a Merkúr és a Vénusz egymástól $3^\circ 33' 43''$ -ra vannak egymástól (legkisebb távolság 17:50:15 UT-kor $3^\circ 33' 43''$)

Dátum	Kezdet	Vége	Esemény
09.13		01:10	Az 93,9%-os növekvő fázisú holdkorong peremétől a Neptunusz 42°16'-re (legnagyobb közelség: 02:53:39 UT-kor 05°18'-re)
09.13	02:21,5		Az Uránusz oppozícióban (3 ^m , 5 ^m 7, Aqr csillagkép)
09.13		03:12	A (40) Harmonia kisbolygó (11 ^m 3) 6°30'-re a 36 Gem-től (5 ^m 3)
09.14	01:46,7		A Hold nyugati librációja (l= -5,20)
09.14	21:33		Merkúr dichotómiája (50,0% fázis)
09.15		03:15	A 99,9%-os növekvő fázisú holdkorong peremétől az Uránusz 3°22'51"-re (legnagyobb közelség: 06:26:02 UT-kor 2°57'38"-re)
09.15	09:13:23		Telihold (a Hold a Pisces csillagképben)
09.16	03:49,1		A (607) Jenny kisbolygó (63 km, 15 ^m 2) elfedi a TYC 2389-01684-1 jelű csillagot (11 ^m 9, max. fedés: 4,7 mp)
09.18	04:40,3		A Hold maximális librációja (l= -2,59, b= -6,42)
09.19	06:26,9		A Hold déli librációja (b= -6,66)
09.20	02:15	04:10	A Hold súrolja a Plejádokat (73,1% csökkenő holdfázis, 65 fok horizont feletti magasság)
09.20		03:31:27	A Hold mögül kilép a 19 Tau, a Taygeta (4 ^m 3, 72,9%-os csökkenő holdfázis)
09.20	03:38,7		A Hold földközelpontban (368 852 km, 1943,8")
09.20		03:42:38	A Hold mögül kilép a 18 Tau (5 ^m 7, 72,9%-os csökkenő holdfázis)
09.20		04:00:34	A Hold mögül kilép a 21 Tau, az Asterope (5 ^m 8, 72,7%-os csökkenő holdfázis)
09.22	03:08,5		A Hold eléri legnagyobb deklinációját (+27,0°)
09.22	05:04:22		Utolsó negyed (a Hold a Taurus csillagképben)
09.22	15:44,5		Őszi napéjegyenlőség
09.23		02:57:05	A Hold mögül kilép a 37 Gem (5 ^m 7, 39%-os csökkenő holdfázis)
09.25	00:38		A (13) Egeria kisbolygó (11 ^m 8) 4°23'-re a 57 Cnc-től (5 ^m 4)
09.28	03:59,9		A Hold keleti librációja (l= 4,99)
09.28		04:08	28 ó 04 p-es holdsarló 4,9 fok magasan a hajnali égen
09.29	08:12:18		Újhold (a Hold a Virgo csillagképben)



09.11. A Merkúr legnagyobb keleti elongációja (26,9 fok, 0^m3, átmérő: 7,0", 57%-os fázis)



Plejádok-fedés szeptember 20-án

Üstökösök

85P/Boethin. A Fülöp-szigeteken misszionáriusként tevékenykedő Leo Boethin tiszteletes fedezte fel 1975. január 4-én egy 20 cm-es tükrös teleszkóppal. A 11,5 éves keringési idejű üstökös 1986-os visszatérését sikerrel észlelték, ám 1997-ben rejtve maradt az észlelők előtt. Ezek után nagy érdeklődéssel várjuk mostani napközelségét, amely december 14-én fog bekövetkezni, bár az időpont az 1995-ös és 2007-es Jupiter-közelségek miatt kissé bizonytalan. Ebben a hónapban fényessége már elérheti a 11 magnitúdót, ám a Sagittarius keleti részén, -25 fokos deklinációnál tartózkodó üstökös megfigyelését az alacsony horizont feletti magasság nagyon megnehezítheti.

C/2006 OF2 (Broughton). A Camelopardalis déli részén, szegényes csillagmezőben láthatjuk ezt a lomha mozgású, 11 magnitúdós üstökösöt.

85P/Boethin

Dátum	RA (h m s)	D (° ' ")	R (CSE)	r (CSE)	E (°)	m_v (m)
09.02.	19 38 23	-25 08 28	0,967	1,807	132	11,6
09.12.	19 33 08	-24 37 44	0,959	1,716	122	11,1
09.22.	19 32 58	-23 53 06	0,958	1,626	112	10,6
10.02.	19 38 06	-22 55 26	0,960	1,539	103	10,2

Dátum	RA (h m s)	D (° ' ")	R (CSE)	r (CSE)	E (°)	m_v (m)
10.12.	19 48 25	-21 43 33	0,960	1,457	96	9,7
10.22.	20 03 34	-20 14 33	0,956	1,379	90	9,2
11.01.	20 23 16	-18 24 01	0,947	1,310	85	8,7
11.11.	20 47 10	-16 06 43	0,933	1,250	81	8,3
11.21.	21 14 58	-13 17 51	0,916	1,202	78	7,9
12.01.	21 46 26	-09 53 35	0,898	1,168	77	7,6
12.11.	22 21 20	-05 52 59	0,882	1,150	76	7,4
12.21.	22 59 23	-01 20 22	0,873	1,149	76	7,4
12.31.	23 40 13	+03 33 51	0,877	1,166	77	7,5

Kisbolygók

(216) **Kleopatra**. A kutyacsont kisbolygó néven elhíresült, 1:3 arányban elnyúlt égitest igen kedvező szembenállására kerül sor 14-én. A Pegasus alfajától délre bekövetkező eseményre a rádiócsillagászok az areciboi rádiótávcsővel is készülnek. Számunkra a 10 magnitúdós kisbolygó 1,2 magnitúdót elérő fényváltozása lehet érdekes, amely már vizuálisan is jól észlelhető. A fémes felszínű kisbolygó forgási periódusa 5,39 óra, vagyis a maximumból minimumba alig 2,7 óra alatt jut el.

(8567) **1996 HW1**. Felfedezése óta most lesz legjobban megfigyelhető, mivel napközelsége ($q = 1,127$ CSE) után alig egy héttel szembenállásba kerül. Ezért a lehető legkisebb távolságra, 0,135 CSE-re megközelíti bolygónkat, ami 2–3 km-es átmérőjét figyelembe véve 12,4 magnitúdós maximális fényességet eredményez. A hónap folyamán a Pegasus négy-szögből a Piscesen át a Cet nyakáig jut. Fényessége szinte alig változik, szeptember 19-én hajnali 4-kor pedig 19 ívpercre megközelíti a μ Pegasi-t.

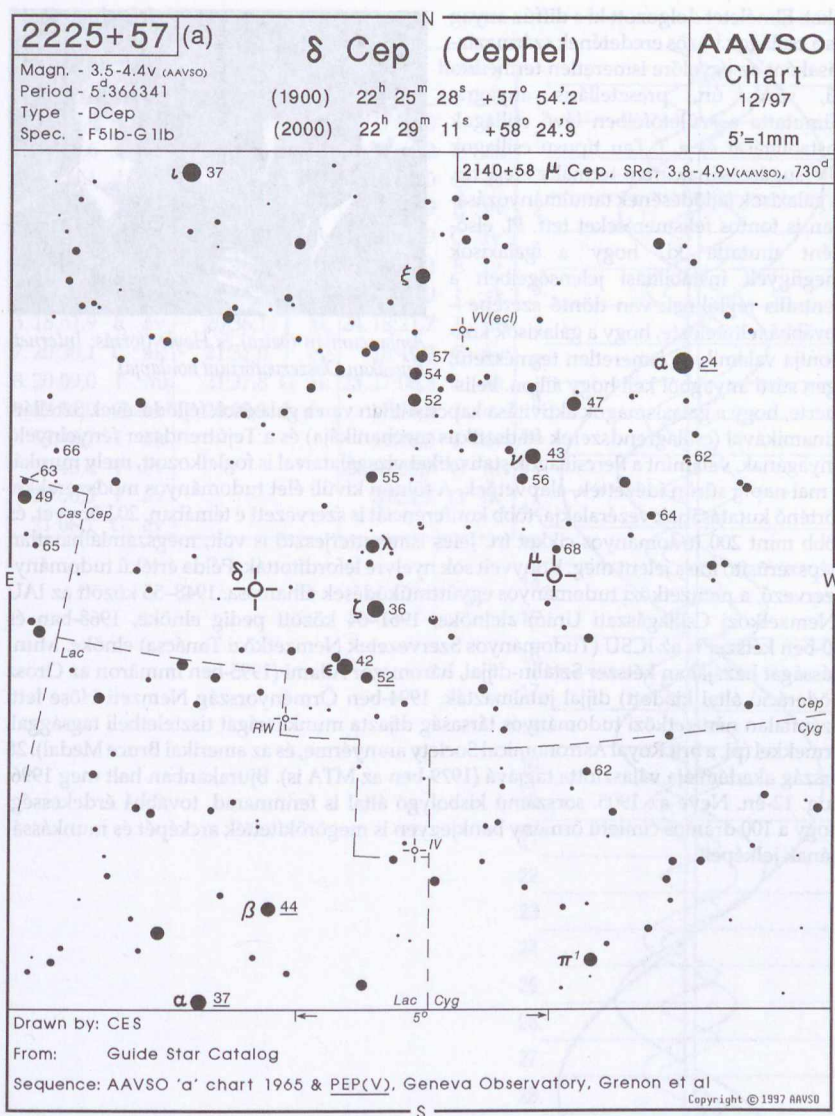
A δ Cephei

A cefeida típusú pulzáló sárga szuperóriások névadó objektuma. A 980 fényév távolságban levő csillag 3,5 és 4,4 magnitúdó között változik 5 nap 9 óra periódussal, miközben valódi átmérője 40 és 46 napátmérő (56 millió és 64 millió km) között ingadozik. Kisebb távcsövekkel látványos, tág kettőscsillagként észlelhető egy 6,3 magnitúdós kék színű csillaggal (ez azonban nem valódi társ, csak véletlenül látszik éppen a δ Cep irányában). A közelében kereshető fel az északi ég egyik leglátványosabb vörös színű csillaga, a μ Cep (Gránátcsillag), amely szabálytalanul ingadozó fényességű, vörös szuperóriás csillag.

Évforduló

Viktor A. Ambarcumjan 100 éve született (Tbiliszi, 1908. szeptember 18.)

Minden idők egyik legnagyobb örmény tudósa, a csillagászat kiemelkedő alakja. A Szentpétervárotól végzett tanulmányai után a Pulkovói Observatórium ösztöndíjasa. Az akkori Szovjetunió első csillagászati tanszékének (intézetének) megalapítója. 1943-ban az Örmény Tudományos Akadémia megalapítója, titkára, majd 1947-től elnöke is (egészen 1993-ig tiszteletbeli elnökként pozícióban maradt). 1946-ban megalapítja a Bjurakani Asztrofizikai Observatóriumot, amelynek 1988-ig igazgatója, attól kezdve pedig tiszteletbeli igazgatója. Szinte minden általa művelt asztrofizikai területen új irányokat nyitott. A su-



gázzás terjedésének elméletében és a gázködök fizikájában végzett munkája immáron klasszikus. Az invariancia elv, amelyet ő dolgozott ki sugárzás-elméleti munkájában, más tudományokban is széles alkalmazásokkal bír. A csillagok fejlődésének vizsgálatában a csillagok rendszereinek egy addig ismeretlen típusát fedezi fel 1947-ben, az ún. asszociáci-

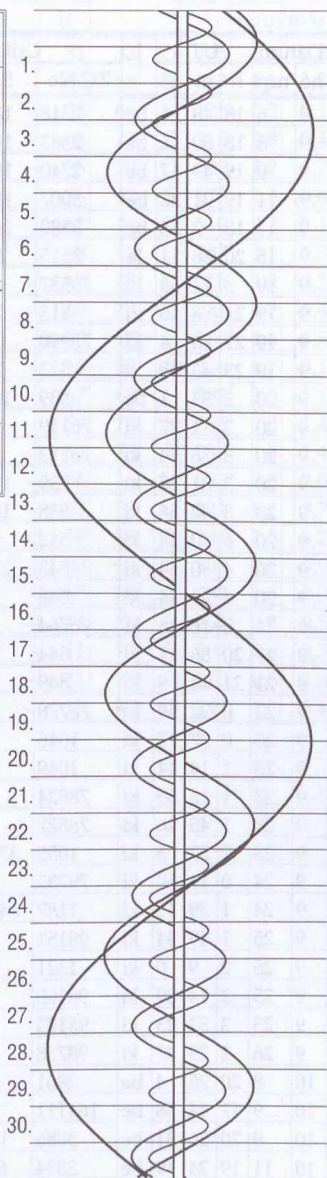
okat. Elméletet dolgozott ki a diffúz anyag és a csillagok közös eredetének származtatásaként az egyelőre ismeretlen természetű, sűrű, ún. presztelláris anyagra. Kimutatta a születőfélben lévő csillagok instabilitását és a T Tau típusú csillagok UV sugárzásának nem-termális eredetét. A galaxisok fejlődésének tanulmányozásában is fontos felismeréseket tett. Pl. elsőként mutatta ki, hogy a galaxisok megfigyelt instabilitási jelenségeiben a centrális régióknak van döntő szerepe – továbbá feltételezte, hogy a galaxisok központja valamilyen ismeretlen természetű, igen sűrű anyagból kell hogy álljon. Felismerte, hogy a galaxismagok aktivitása kapcsolatban van a galaxisok fejlődésével. Sztellárodinamikával (csillagrendszerek statisztikus mechanikája) és a Tejútrendszer fényelnyelő anyagának, valamint a flercsillagok statisztikai vizsgálataival is foglalkozott, mely munkái a mai napig sűrűn idézettek, alapvetőek. A földön kívüli élet tudományos módszerekkel történő kutatásának vezéralakja, több konferenciát is szervezett e témában. 20 könyvet, és több mint 200 tudományos cikket írt. Jeles ismeretterjesztő is volt, megszámlálhatatlan népszerűsítő írása jelent meg. Könyveit sok nyelvre lefordították. Példa értékű tudományos szervező, a nemzetközi tudományos együttműködések élharcosa. 1948–55 között az IAU (Nemzetközi Csillagászati Unió) alelnöke, 1961–64 között pedig elnöke, 1968-ban és 70-ben kétszer is az ICSU (Tudományos Szervezetek Nemzetközi Tanácsa) elnöke. Munkásságát hazájában kétszer Sztálin-díjjal, háromszor Állami (1995-ben immáron az Orosz Föderáció által kiadott) díjjal jutalmazták. 1994-ben Örményország Nemzeti Hőse lett. Számatalan nemzetközi tudományos társaság díjazta munkásságát tiszteletbeli tagsággal, érmeikkel (pl. a brit Royal Astronomical Society aranyérme, és az amerikai Bruce Medal). 28 ország akadémiaja választotta tagjává (1979-ben az MTA is). Bjurakanban halt meg 1996. aug. 12-én. Neve az 1905. sorszámú kisbolygó által is fennmarad, továbbá érdekesség, hogy a 100 dramos címletű örmény bankjegyen is megörökítették arcképét és munkásságának jelképeit.



Ambarcumjan (balra) és Hoyle (forrás: Internet, Bjurakan Obszervatórium honlapja)

Jupiter-holdak

d	UT	hold	j	d	UT	hold	j	d	UT	hold	j
	h:m				h:m				h:m		
1.	18:18,6	I	mk	10.	18:05,6	I	fv	18.	17:20,6	I	áv
	21:41,6	I	fv		22:05,8	E	mk	19.	18:48,2	E	ek
2.	17:54,1	I	ev	12.	18:42,7	E	ák		21:19,0	E	ák
	18:39,1	G	ák		19:01,5	E	ev		21:31,9	E	ev
	19:01,2	I	áv		21:28,2	E	áv	20.	19:57,9	G	fv
	21:59,9	G	áv	15.	19:40,3	C	mk	21.	19:15,3	E	fv
3.	19:37,2	E	mk	16.	19:21,7	I	ek	23.	21:15,0	I	ek
5.	18:51,9	E	áv		20:36,1	I	ák	24.	18:21,7	I	mk
7.	20:30,1	C	ák		21:37,0	I	ev		18:49,2	C	áv
8.	20:09,0	I	mk		21:37,8	G	ek	25.	17:00,3	I	ák
9.	17:51,0	G	ek	17.	20:00,9	I	fv		17:58,6	I	ev
	18:40,7	I	ák						19:16,0	I	áv
	19:45,0	I	ev					27.	18:38,7	G	mv
	20:56,5	I	áv						20:34,7	G	fk
	21:06,1	G	ev								



A Hold csillagfedései szeptember–október

Dátum		UT			J	Csillag			Hold			C		PA	A	B
hó	nap	h	m	s		ZC No	SAO	m	fázis	h			m/o	m/o		
9	6	18	48	11	be	2318	184184	6,6	42	+	6	70	É	82	1,2	-1,2
9	8	18	30	2	be	2583	185975	5,8	61	+	13	45	É	44	1,4	0,2
9	9	19	49	17	be	2740	187388	6,3	70	+	13	45	É	38	0,9	0,2
9	11	19	21	32	be	3007	189484	7,2	86	+	22	88	É	71	1,7	0,6
9	14	18	2	56	be	3380	146451	5,9	100	+	15	75	É	63	0,6	1,8
9	15	20	58	11	ki	3515	25 Psc	6,3	100	-	38	80	É	233	1,1	1,6
9	19	3	11	50	ki	75537		7,8	83	-	57	23	É	315	2,1	-4,9
9	19	21	8	15	ki	513	75979	7,3	75	-	25	76	É	268	0,3	1,4
9	19	21	56	4	ki	75990		7,5	75	-	33	71	É	273	0,6	1,3
9	19	23	43	48	ki	522	76036	7,8	74	-	51	52	É	292	1,6	0,4
9	20	2	33	1	be	539	19 Tau	4,3	73	-	67	-49	D	115	2,0	-1,3
9	20	3	1	27	ki	76119		8,1	73	-	66	42	D	207	1,2	2,8
9	20	3	6	54	ki	76113		8,1	73	-	66	85	D	250	1,6	0,5
9	20	3	31	27	ki	539	19 Tau	4,3	73	-	64	50	D	214	1,4	2,1
9	20	3	42	38	ki	538	18 Tau	5,7	73	-	63	47	É	298	1,7	-2,0
9	20	4	0	34	ki	542	η Tau	5,8	73	-	61	62	D	227	1,5	1,2
9	20	4	0	54	ki	543	22 Tau	6,4	73	-	61	54	D	219	1,5	1,6
9	20	4	21	44	ki	548	76183	6,8	73	-	59	38	D	203	1,5	2,9
9	21	3	16	46	ki	76764		7,9	62	-	69	28	É	324	2,1	-3,7
9	21	20	36	11	ki	844	77322	5,8	54	-	4	25	É	332	0,4	-0,4
9	21	21	24	9	ki	849	77350	6,5	53	-	11	66	D	244	-0,5	1,5
9	23	0	22	50	ki	78778		6,8	40	-	28	78	D	263	0,3	1,5
9	23	0	37	13	ki	1046	78795	7,0	40	-	30	29	É	337	1,5	-1,7
9	23	1	14	44	ki	1049	78813	6,8	40	-	36	58	É	308	1,0	0,1
9	23	1	16	56	ki	78824		7,9	40	-	37	10	É	356	9,9	9,9
9	23	1	45	46	ki	78827		7,4	40	-	41	46	D	232	0,4	2,8
9	23	2	57	5	ki	1055	37 Gem	5,7	39	-	53	73	D	259	1,2	1,5
9	24	0	11	50	ki	79732		7,8	29	-	15	46	É	326	0,5	-0,2
9	24	1	39	11	ki	1187	84 Gem	7,1	29	-	29	69	D	261	0,4	1,7
9	25	1	49	34	ki	98151		8,7	19	-	18	48	D	244	0,0	2,4
9	25	2	9	0	ki	1321	98161	6,9	19	-	22	86	É	290	0,4	0,9
9	25	2	14	39	ki	98165		8,2	19	-	23	75	É	301	0,5	0,5
9	25	2	32	23	ki	98173		8,0	19	-	25	53	D	249	0,3	2,4
9	26	2	29	37	ki	98738		8,9	11	-	13	73	D	271	0,1	1,4
10	8	20	25	4	be	2961	4 Cap	5,9	64	+	13	63	D	104	1,8	-1,7
10	9	17	44	58	be	164111		7,6	72	+	24	57	D	106	2,3	0,1
10	9	20	26	31	be	3086	164156	6,2	73	+	21	82	D	80	1,5	-0,7
10	11	19	24	19	be	3334	67 Aqr	6,4	89	+	35	51	D	109	2,7	-0,3
10	12	17	44	4	be	3460	12 Psc	6,9	94	+	27	86	D	75	1,1	1,6

Dátum		UT			J	Csillag			Hold			C	PA	A	B	
hó	nap	h	m	s		ZC No	SAO	m	fázis	h			m/o	m/o		
10	15	19	7	39	ki	317	20 Ari	6,4	99	-	31	32	D	175	-1,0	3,3
10	16	0	11	4	ki	336	92873	7,4	98	-	59	68	D	213	1,1	1,8
10	16	20	26	27	ki	75777		7,6	94	-	38	66	D	223	0,2	2,1
10	16	23	19	5	ki	75832		7,3	93	-	63	25	É	312	2,8	-2,4
10	16	23	47	18	ki	75845		7,6	93	-	65	70	D	227	1,2	1,7
10	17	23	5	42	ki	76559		7,8	86	-	56	67	É	279	1,4	0,6
10	17	23	49	29	ki	647	χTau	5,4	86	-	62	44	D	210	0,7	3,1
10	18	1	7	32	ki	655	76599	7,9	86	-	68	41	D	207	1,1	3,3
10	19	1	32	44	ki	77229		7,8	76	-	67	43	D	218	1,3	3,2
10	19	2	1	58	ki	833	77237	7,1	76	-	69	70	É	285	1,7	-0,4
10	19	2	24	5	ki	77258		7,8	76	-	70	17	É	338	1,6	-5,5
10	19	2	57	9	ki	77262		7,8	76	-	68	89	É	266	1,7	-0,1
10	19	3	19	9	ki	77272		7,6	76	-	67	69	É	287	1,5	-1,1
10	19	4	24	37	ki	844	77322	5,8	76	-	59	70	É	285	1,3	-1,4
10	19	4	24	38	ki	X 75950		6,6	76	-	59	70	É	285	1,3	-1,4
10	20	4	20	36	ki	78653		7,4	65	-	66	46	D	229	2,3	2,0
10	20	23	42	29	ki	79527		7,3	55	-	30	32	D	221	-0,1	3,7
10	21	2	48	25	ki	1161	79607	5,9	54	-	59	86	É	284	1,5	0,2
10	21	3	2	44	ki	79616		8,2	54	-	60	62	É	308	1,5	-0,9
10	21	3	26	23	ki	79621		7,4	54	-	63	88	É	282	1,6	0,0
10	23	0	6	19	ki	1396	98574	6,8	33	-	11	76	É	302	0,2	0,5
10	26	3	45	50	ki	138500		8,9	8	-	11	70	É	307	0,3	0,3
10	26	3	46	37	ki	138498		8,8	8	-	11	73	D	270	0,6	1,6
10	26	4	17	31	ki	1727	138508	6,9	7	-	15	47	D	244	1,2	3,4

Írta: László Csizmadia, a Magyar Csillagászati Egyesület tagja. A képek a NASA képtárjából származnak. A táblázat a Magyar Csillagászati Egyesület honlapján található. A táblázat a Magyar Csillagászati Egyesület honlapján található.

$\lambda = 19^\circ, \varphi = 47,5^\circ$

Kalendárium – október

KÖZEI

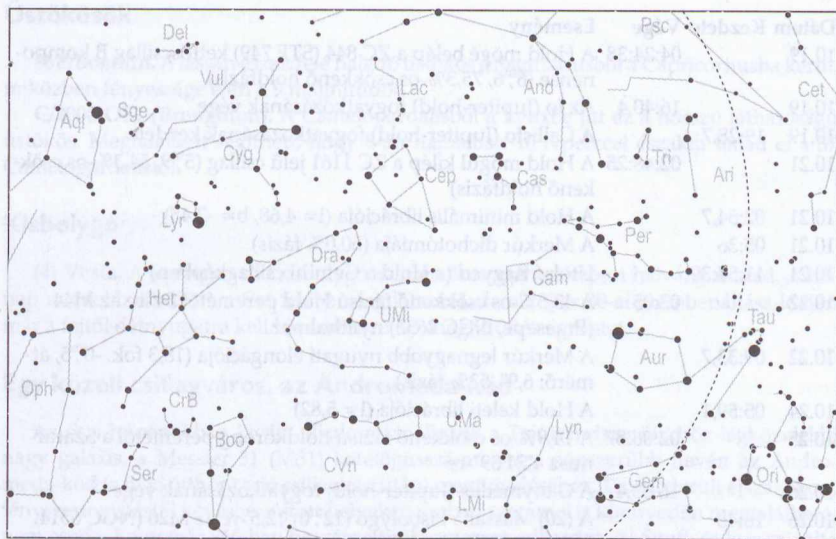
dátum	Nap					Hold			fázis h m	
	kel h m	delel h m	nyugszik h m	h_d °	E_t m	kel h m	delel h m	nyugszik h m		
40. hét										
1. sz	275.	5*43	11*34	17*23	39,3	+10,3	8*09	13*01	17*45	
2. cs	276.	5*45	11*33	17*21	38,9	+10,6	9*19	13*48	18*09	
3. p	277.	5*46	11*33	17*19	38,5	+11,0	10*28	14*37	18*40	
4. sz	278.	5*47	11*33	17*17	38,1	+11,3	11*32	15*27	19*19	
5. v	279.	5*49	11*32	17*15	37,7	+11,6	12*28	16*18	20*07	
41. hét										
6. h	280.	5*50	11*32	17*13	37,3	+11,9	13*15	17*08	21*05	
7. k	281.	5*52	11*32	17*11	37,0	+12,2	13*53	17*58	22*09	● 10*04
8. sz	282.	5*53	11*31	17*09	36,6	+12,4	14*24	18*47	23*18	
9. cs	283.	5*54	11*31	17*07	36,2	+12,7	14*48	19*34	–	
10. p	284.	5*56	11*31	17*05	35,8	+13,0	15*09	20*19	0*29	
11. sz	285.	5*57	11*31	17*03	35,4	+13,2	15*27	21*04	1*41	
12. v	286.	5*59	11*30	17*01	35,0	+13,5	15*45	21*50	2*55	
42. hét										
13. h	287.	6*00	11*30	16*59	34,7	+13,7	16*02	22*38	4*11	
14. k	288.	6*01	11*30	16*58	34,3	+14,0	16*22	23*28	5*29	○ 21*02
15. sz	289.	6*03	11*30	16*56	33,9	+14,2	16*46	–	6*51	
16. cs	290.	6*04	11*29	16*54	33,6	+14,4	17*16	0*22	8*16	
17. p	291.	6*06	11*29	16*52	33,2	+14,6	17*57	1*21	9*41	
18. sz	292.	6*07	11*29	16*50	32,8	+14,8	18*50	2*23	10*58	
19. v	293.	6*09	11*29	16*48	32,5	+15,0	19*57	3*27	12*04	
43. hét										
20. h	294.	6*10	11*29	16*47	32,1	+15,2	21*14	4*30	12*54	
21. k	295.	6*12	11*29	16*45	31,8	+15,4	22*34	5*30	13*30	● 12*55
22. sz	296.	6*13	11*28	16*43	31,4	+15,5	23*53	6*24	13*58	
23. cs	297.	6*15	11*28	16*41	31,1	+15,7	–	7*15	14*20	
24. p	298.	6*16	11*28	16*40	30,7	+15,8	1*08	8*01	14*39	
25. sz	299.	6*18	11*28	16*38	30,3	+15,9	2*22	8*46	14*55	
26. v	300.	6 19	11 28	16 36	30,0	+16,0	3 33	9 29	15 12	
44. hét										
27. h	301.	6 21	11 28	16 34	29,7	+16,1	4 44	10 12	15 29	
28. k	302.	6 22	11 28	16 33	29,3	+16,2	5 54	10 56	15 49	
29. sz	303.	6 24	11 28	16 31	29,0	+16,3	7 04	11 42	16 12	● 0 14
30. cs	304.	6 25	11 28	16 30	28,7	+16,3	8 13	12 30	16 41	
31. p	305.	6 27	11 28	16 28	28,3	+16,4	9 19	13 20	17 17	

*A nyári időszámítás alatt a KÖZEI-ben megadott időpontokhoz egy órát hozzá kell adni!

október

nap	Julián dátum 12 ^h UT	θ_{gr} 0 ^h UT h m s	névnapok
1.	2 454 741	0 40 23	Malvin, Rómeó, Terézia
2.	2 454 742	0 44 19	Petra, Őrs, Tamás
3.	2 454 743	0 48 16	Helga, Ignác, Mária, Terézia
4.	2 454 744	0 52 12	Ferenc, Aranka, Hajnalka
5.	2 454 745	0 56 09	Aurél, Attila, Pálma
6.	2 454 746	1 00 06	Brúnó, Renáta, Csaba
7.	2 454 747	1 04 02	Amália, Mária, Márk
8.	2 454 748	1 07 59	Koppány, Bettina, Brigitta, Etelka, Gitta, János, Mária
9.	2 454 749	1 11 55	Dénes, Abrahám, Ábris, Andor, Elemér, Sára
10.	2 454 750	1 15 52	Gedeon, Dániel, Ferenc, Lajos, Sámuel
11.	2 454 751	1 19 48	Brigitta, Andor, Sándor
12.	2 454 752	1 23 45	Miksa, Rezső
13.	2 454 753	1 27 41	Kálmán, Ede, Fatima, Fatime, Jakab
14.	2 454 754	1 31 38	Helén, Beatrix, Dominik, Domonkos, Livia
15.	2 454 755	1 35 35	Teréz, Aranka, Aurélia, Hedvig, Tekla, Terézia, Vilma
16.	2 454 756	1 39 31	Gál, Ambrus, Aranka, Aurélia, Gellért, Hedvig, Margit
17.	2 454 757	1 43 28	Hedvig, Alajos, Ignác, Margit, Rezső, Rudolf
18.	2 454 758	1 47 24	Lukács, Ambrus
19.	2 454 759	1 51 21	Nándor, Frida, Friderika, Laura, Pál, Péter
20.	2 454 760	1 55 17	Vendel, Cintia, Irén, Irina
21.	2 454 761	1 59 14	Orsolya, Klementina, Zsolt
22.	2 454 762	2 03 10	Előd, Korinna
23.	2 454 763	2 07 07	Nemzeti ünnep; Gyöngyi, Gyöngyvér, Ignác, János
24.	2 454 764	2 11 04	Salamon, Rafael, Ráhel
25.	2 454 765	2 15 00	Blanka, Bianka, János, Margit
26.	2 454 766	2 18 57	Dömötör, Amanda, Ametiszt, Armand
27.	2 454 767	2 22 53	Szabina
28.	2 454 768	2 26 50	Simon, Szimonetta, Alfréd
29.	2 454 769	2 30 46	Nárcisz, Melinda
30.	2 454 770	2 34 43	Alfonz, Fanni, Kolos, Stefánia
31.	2 454 771	2 38 39	Farkas, Kristóf

26. A nyári időszámítás vége 3 h NYISZ-kor.

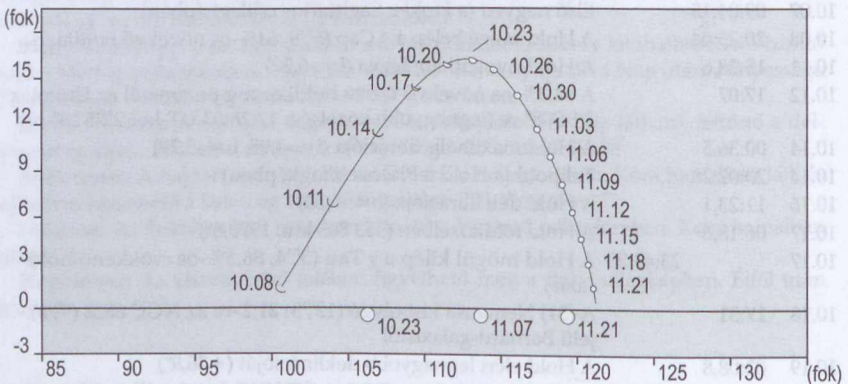


Az északi égbolt október 15-én 20:00-kor (KÖZEI)

Eseménynaptár

Dátum	Kezdeté	Vége	Esemény
10.02	13:03,1		A Hold északi librációja ($b = 6,69$)
10.05	10:37,9		A Hold földtávolban (404 758 km, 1771,4")
10.05	15:09,9		A Hold eléri legkisebb deklinációját ($-28,2^\circ$)
10.06	20:52,9		A Merkúr alsó együttállásban a Nappal (Naptól 2,0 fokra)
10.07	09:04:15		Első negyed (a Hold a Sagittarius csillagképben)
10.08	20:25:04		A Hold mögé belép a 4 Cap ($5^m,9$, 64%-os növekvő holdfázis)
10.11	15:28,6		A Hold nyugati librációja ($l = -6,20$)
10.12	17:07		A 94,2%-os növekvő fázisú holdkorong peremétől az Uránusz $3^\circ 36' 08''$ -re (legnagyobb közelség: 12:28:53 UT-kor $2^\circ 25' 28''$ -re)
10.14	00:36,5		A Hold maximális librációja ($l = -4,95$, $b = -5,29$)
10.14	20:02:28		Telihold (a Hold a Pisces csillagképben)
10.16	11:23,1		A Hold déli librációja ($b = -6,53$)
10.17	06:18,6		A Hold földközelpben (363 803 km, 1970,8")
10.17	23:49:29		A Hold mögül kilép a χ Tau ($5^m,4$, 86,3%-os csökkenő holdfázis)
10.18	17:31		A (51) Nemausa kisbolygó ($12^m,3$) $21,2'$ -re az NGC 6822 ($9^m,3$) jelű Barnard-galaxistól
10.19	02:08,8		A Hold eléri legnagyobb deklinációját ($+26,9^\circ$)
10.19	04:24:37		A Hold mögé belép a ZC 844 (STF 749) kettőscsillag A komponense ($6^m,5$, 75,3%-os csökkenő holdfázis)

Dátum	Kezdeté	Vége	Esemény
10.19		04:24:38	A Hold mögé belép a ZC 844 (STF 749) kettőscsillag B komponense ($6^m,6$, 75,3%-os csökkenő holdfázis)
10.19		16:40,4	Az Io (Jupiter-hold) fogyatkozásának vége
10.19	19:28,7		A Callisto (Jupiter-hold) fogyatkozásának kezdete
10.21		02:48:25	A Hold mögül kilép a ZC 1161 jelű csillag ($5^m,9$, 54,3%-os csökkenő holdfázis)
10.21	02:54,7		A Hold minimális librációja ($l = 4,68$, $b = -2,45$)
10.21	05:36		A Merkúr dichotómiája (50,0% fázis)
10.21	11:54:39		Utolsó negyed (a Hold a Gemini csillagképben)
10.22		02:05	A 43,5%-os csökkenő fázisú Hold peremétől $54'$ -re az M44 (Praesepe, NGC 2632) nyílthalmaz
10.22	09:33,7		A Merkúr legnagyobb nyugati elongációja (18,3 fok, $-0^m,5$, átmérő: $6,9''$, 53% fázis)
10.24	05:59,1		A Hold keleti librációja ($l = 5,82$)
10.25		02:06:37	A 14,9%-os csökkenő fázisú holdkorong peremétől a Szaturnusz $4^{\circ}31'39''$ -re
10.26		16:03,4	A Ganymedes (Jupiter-hold) fogyatkozásának vége
10.26	16:43		A (20) Massalia kisbolygó ($12^m,0$) $12,5'$ -re az M20 (NGC 6514, $9^m,0$) jelű Trifid-ködtől
10.26		18:36,0	Az Io (Jupiter-hold) fogyatkozásának vége
10.27		04:49	42 ó 25 p-es holdsarló $9,1$ fok magasan a hajnali égen
10.28		04:15	A Merkúr $21'12''$ -re megközelíti a θ Vir-t (legkisebb távolság $03:51:58$ UT-kor $21'09''$)
10.28	23:13:52		Újhold (a Hold a Virgo csillagképben)
10.29	16:17,8		A Hold északi librációja ($b = 6,59$)



10.22. A Merkúr legnagyobb nyugati elongációja (18,3 fok, $-0^m,5$, átmérő: $6,9''$, 53% fázis)

Üstökösök

85P/Boethin. A lassan észak felé haladó üstökös a Sagittariusból a Capricornusba kerül, miközben fényessége eléri a 9 magnitúdót.

C/2006 OF2 (Broughton). A Camelopardalisból a Lynxbe jut ez a hosszú láthatóságú üstökös. Megtalálását segítheti, hogy 8-án hajnalban 10 ívperccel északra halad el a 37 Camelopardalistolól.

Kisbolygó

(4) **Vesta.** A legfényesebb kisbolygó az idén önmagához képest halvány marad. A hónap nagyobb részében a Cet fejében fog látszani, de október 30-ai szembenállása idején már a fejtől délnyugatra kell keresnünk a 6,5 magnitúdós égitestet.

Egy közeli csillagváros, az Andromeda-köd

Az őszi hónapokban kiváló alkalom kínálkozik a Tejútrendszerünkhöz legközelebbi nagy galaxis, a Messier 31 (M31) katalógusszáma vagy népszerűbb nevén az Andromeda-köd (a neki otthont adó csillagkép után) megfigyeléséhez. Tiszta, derült éjszakákon, fényszennyezéstől kevésbé sújtott helyeken szabad szemmel is könnyedén megtalálható, nem csoda, hogy már 946-ban beszámolt róla a perzsa csillagász, Al-Szufi, és le is rajzolta könyvében. Az ezt követő évszázadokban sokan újra felfedezték, azonban az információ-áramlás akkori sebessége mellett a francia üstökös vadász, Messier elnevezése honosodott meg, aki 1764-ben vette föl listájára 31-es sorszámmal.

Galaxisokat ritkán figyelhetünk meg szabad szemmel (Tejútrendszerünk két kísérő galaxisát, a déli féltékről látható, felfedezőjük nevét viselő Kis és Nagy Magellán-felhőt leszámítva), hiszen tipikus távolságuk fényévek súlyos százmillióiban, ha éppen nem milliárdjaiban mérhető. Az M31 kiváló láthatósága annak köszönhető, hogy a galaxisok úgynevezett Lokális csoportjának hatalmas tagja, és „mindössze” két és fél millió fényévre található. Közelségének betudhatóan égboltunkon látszó mérete is grandiózus, fotókon körülbelül 3x1 fok, azaz hatszor akkora, mint a telehold. Szabad szemmel illetve kisebb műszerekkel azonban csak a legfényesebb, belső részeit láthatjuk, de így is lenyűgöző látványt nyújt. Mivel saját csillagvárosunk jó része nem látható (a fonák közmondás – nem látja a fától az erdőt – itt sajátos értelmet nyer), az Andromeda-köd a teljes egészében legjobban tanulmányozott spirálgalaxis. Kitüntetett helyzetétől fogva számos releváns asztrofizikai eredmény köthető hozzá, például 85 évvel ezelőtt Edwin Hubble mutatta ki az M31-ben található cefeida típusú pulzáló csillagok segítségével, hogy az Andromeda-köd nem a Tejútrendszerben lévő ködök egyike, hanem irtózatosságra lévő önálló csillagváros. Külön érdekessége az M31-nek, hogy az Univerzum egészére jellemző tágulással ellentétben ez a galaxis közeledik felénk, mégpedig nem is akármilyen sebességgel: másodpercenként 300 kilométert tesz meg. A távoli jövőben (évmilliárdok múlva) a két galaxis össze fog olvadni egy hatalmas, több száz milliárd csillagot tartalmazó óriási elliptikus csillagvárossá. Bár közvetlen csillag-csillag ütközésre nem számítunk, a kataklizma minden bizonnyal hatással lesz késői leszármazottainkra.

Az Andromeda-ködnek számos kísérőgalaxisa van, amelyek közül kettő olyan fényes, hogy önállóan is bekerültek Messier katalógusába: az M32 és az M110 már közepes távcsóval is kényelmesen megfigyelhető. Az M31 közelsége miatt a galaxisokra jellemző struktúrák is tanulmányozhatóak amatőr műszerekkel: spirálkarok, porsávok, sőt gömbhalmazok

is, azonban ezek csak hosszú expozíciós idővel készült fotókon fedik fel igazán magukat. Ennek ellenére vizuálisan szemlélve is szép látvány, arról nem is beszélve, hogy szabad szemmel való megpillantása máris kétmillió fényévre „repíti el” a szemlélőt, érzékelte, hogy az Univerzumnak ennek a lokális kis szegletében is milyen mérhetetlenek a távolságok.

Évforduló

Földes István: 100 éve született (Budapest, 1908. október 12.)

Matematikus, csillagász, tanszékvezető docens, a matematikai tudományok kandidátusa (1951). Érdeklődése már iskolás korában is a matematika, a csillagászat és a zene között oszlott meg. Egyetemi tanulmányait a Bp.-i Tudományegyetemen végezte (1928–32), és diplomája kézhezvétele után is sokat habozott, hogy zongoraművész vagy csillagász legyen. 1934-ben a svábhegyi Observatórium díjtalan gyakornokaként helyezkedett el, de még mindig megmaradt a zenével való kapcsolata. Talán a két dolog nehéz összeegyeztethetősége miatt kilép, 1936-ban köztisztviselő, az 1937/38-as tanévben gimnáziumi tanár, majd 1939-től az MNB-nál tisztviselősködik. A monoton, sivár banki munka közben nyelveket tanul, felismeri szinte páratlan nyelvtelenségét (átlag fél év alatt sajátított el egy nyelvet, élete végéig 10 nyelvet tanult meg, pl. norvégot és kínait is).

1944-ben katonának hívják be. A Rózsadombon barátaival egy házat „semleges nemzetek szövetsége” táblával jelölnek meg, és így sok, a fasiszmus által üldözött ember menekül meg velük együtt a biztos haláltól. Közvetlenül a felszabadulás után főleg matematikával foglalkozik, 1946-ban számelméleti tárgyból doktorált, 1949-ben kinevezték az egyetem Csillagászati tanszékének vezetőjévé (1964-ig maradt ebben a pozícióban). 1951-ben a matematikai tudományok kandidátusa lesz. Főleg égi mechanikával (elsősorban a háromtest-, ill. a többtestproblémával) foglalkozott, ám „repertoárjában” szerepelt az asztrofizika, az analízis, de differenciálegyenletek elméletével és számelméleti kérdésekkel is foglalkozott. Keveset publikált, de széleskörű műveltsége (a zene, a művészettörténet, nyelvek, irodalom és a matematika területein) szinte egyedülálló a huszadik század második felében. Nem túlzás azt mondani, hogy személyében az egyik utolsó polihisztorot veszítettük el! Mindezek mellett említésre méltó a legendás szerénysége, és állatszerete. A magyar Állatvédő Egyesület egyik alapító tagja, kedvenc állataitól még élete legválságosabb pillanataiban sem vált meg. Vácon halt meg, 1977. máj. 26-án. A magyar csillagászat „nagy generációjának” felnevelésében alapvető szerepe volt, annak valamennyi tagja valamilyen formában a hallgatója volt.

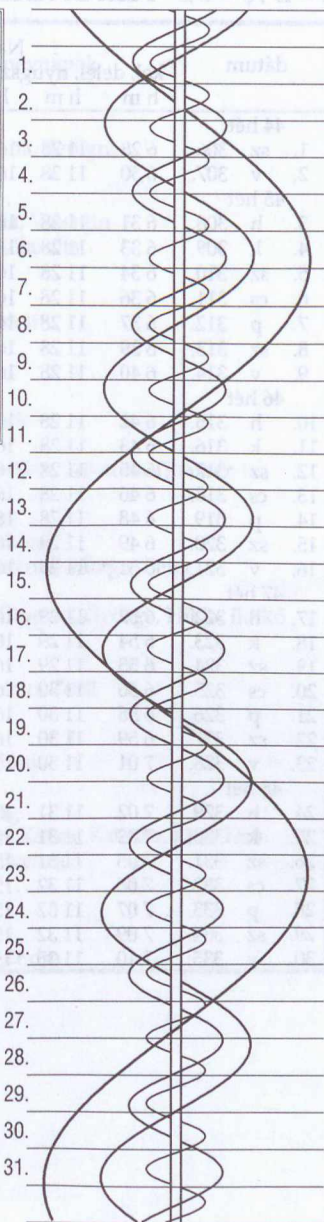
Biogr.: Marik Miklós: F. I., Csillagászati évkönyv 1978. Bp. 1977.



Földes István (forrás: ELTE Csillagászati Tanszék, Dr. Petrovay Kristóf gyűjteményéből, Hetesi Zsolt közreműködésével)

Jupiter-holdak

d	UT	hold	j	d	UT	hold	j	d	UT	hold	j
	h:m				h:m				h:m		
1.	20:15,9	I	mk	10. 16:40,0	I	mk		19. 16:40,4	I	fv	
2.	17:02,5	C	mv	20:16,0	I	fv		19:28,7	C	fk	
	17:38,0	I	ek	20:26,1	C	ek		21. 18:31,9	E	ek	
	18:55,7	I	ák	11. 17:35,5	I	áv		22. 17:36,8	G	ek	
	19:53,1	I	ev	14. 18:27,3	E	ák		23. 19:00,7	E	fv	
3.	18:20,5	I	fv	18:36,5	E	ev		25. 17:56,5	I	ek	
4.	19:18,4	G	mk	15. 16:46,0	G	ev		19:10,5	I	ák	
5.	19:02,8	E	mk	18:41,5	G	ák		26. 16:03,4	G	fv	
7.	18:36,9	E	áv	16. 16:24,2	E	fv		18:36,0	I	fv	
8.	18:04,7	G	áv	17. 18:36,5	I	mk		27. 19:12,0	C	ev	
9.	19:33,5	I	ek	18. 17:15,2	I	ák		30. 16:22,7	E	mk	
				18:14,3	I	ev					
				19:30,9	I	áv					

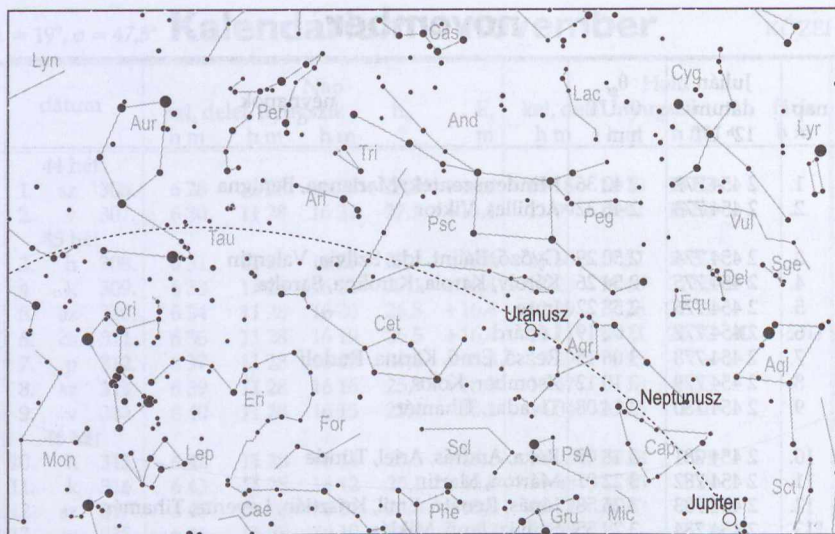


$\lambda = 19^\circ, \varphi = 47,5^\circ$ **Kalendárium – november** KÖZEI

dátum	Nap					Hold			fázis h m
	kel h m	delel h m	nyugszik h m	h_d °	E_t m	kel h m	delel h m	nyugszik h m	
44 hét									
1. sz 306.	6 28	11 28	16 26	28,0	+16,4	10 18	14 10	18 02	
2. v 307.	6 30	11 28	16 25	27,7	+16,4	11 09	15 01	18 56	
45 hét									
3. h 308.	6 31	11 28	16 23	27,4	+16,4	11 50	15 51	19 57	
4. k 309.	6 33	11 28	16 22	27,1	+16,4	12 23	16 40	21 03	
5. sz 310.	6 34	11 28	16 20	26,8	+16,4	12 49	17 26	22 12	
6. cs 311.	6 36	11 28	16 19	26,5	+16,4	13 11	18 11	23 22	● 5 03
7. p 312.	6 37	11 28	16 18	26,2	+16,3	13 29	18 55	–	
8. sz 313.	6 39	11 28	16 16	25,9	+16,3	13 47	19 39	0 33	
9. v 314.	6 40	11 28	16 15	25,6	+16,2	14 04	20 25	1 46	
46 hét									
10. h 315.	6 42	11 28	16 14	25,3	+16,1	14 23	21 13	3 01	
11. k 316.	6 43	11 28	16 12	25,1	+16,0	14 45	22 05	4 20	
12. sz 317.	6 45	11 28	16 11	24,8	+15,9	15 12	23 03	5 44	
13. cs 318.	6 46	11 28	16 10	24,5	+15,7	15 48	–	7 11	○ 7 17
14. p 319.	6 48	11 28	16 09	24,3	+15,6	16 37	0 05	8 34	
15. sz 320.	6 49	11 29	16 08	24,0	+15,4	17 41	1 11	9 48	
16. v 321.	6 51	11 29	16 07	23,7	+15,3	18 57	2 17	10 46	
47 hét									
17. h 322.	6 52	11 29	16 05	23,5	+15,1	20 19	3 20	11 29	
18. k 323.	6 54	11 29	16 04	23,3	+14,9	21 41	4 18	12 01	
19. sz 324.	6 55	11 29	16 03	23,0	+14,7	22 59	5 11	12 25	● 22 31
20. cs 325.	6 56	11 30	16 03	22,8	+14,4	–	6 00	12 44	
21. p 326.	6 58	11 30	16 02	22,6	+14,2	0 13	6 45	13 02	
22. sz 327.	6 59	11 30	16 01	22,4	+13,9	1 25	7 28	13 18	
23. v 328.	7 01	11 30	16 00	22,1	+13,6	2 35	8 11	13 35	
48 hét									
24. h 329.	7 02	11 31	15 59	21,9	+13,4	3 44	8 54	13 54	
25. k 330.	7 03	11 31	15 58	21,7	+13,1	4 54	9 39	14 16	
26. sz 331.	7 05	11 31	15 58	21,5	+12,8	6 03	10 26	14 43	
27. cs 332.	7 06	11 32	15 57	21,4	+12,4	7 09	11 15	15 16	● 17 55
28. p 333.	7 07	11 32	15 56	21,2	+12,1	8 10	12 05	15 58	
29. sz 334.	7 09	11 32	15 56	21,0	+11,7	9 04	12 56	16 49	
30. v 335.	7 10	11 33	15 55	20,8	+11,4	9 48	13 46	17 49	

november

nap	Julián dátum 12 ^h UT	θ_{gr} 0 ^h UT h m s	névnapok
1.	2 454 772	2 42 36	Mindenszentek ; Marianna, Benigna
2.	2 454 773	2 46 32	Achilles, Viktor
3.	2 454 774	2 50 29	Győző, Bálint, Ida, Szilvia, Valentin
4.	2 454 775	2 54 26	Károly, Karola, Karolina, Sarolta
5.	2 454 776	2 58 22	Imre
6.	2 454 777	3 02 19	Lénárd
7.	2 454 778	3 06 15	Rezső, Ernő, Karina, Rudolf
8.	2 454 779	3 10 12	Zsombor, Kolos
9.	2 454 780	3 14 08	Tivadar, Tihamér
10.	2 454 781	3 18 05	Réka, András, Ariel, Tünde
11.	2 454 782	3 22 01	Márton, Martin
12.	2 454 783	3 25 58	Jónás, Renátó, Emil, Krisztián, Levente, Tihamér
13.	2 454 784	3 29 55	Szilvia, Jenő, Miklós
14.	2 454 785	3 33 51	Aliz, Klementina, Vanda
15.	2 454 786	3 37 48	Albert, Lipót, Dezső, Richárd
16.	2 454 787	3 41 44	Ödön, Ágnes, Alfréd, Gertrúd, Margit, Péter
17.	2 454 788	3 45 41	Hortenzia, Gergő, Ede, Gergely, György, Hilda, Ildikó
18.	2 454 789	3 49 37	Jenő, Jolán, Ottó, Péter
19.	2 454 790	3 53 34	Erzsébet
20.	2 454 791	3 57 30	Jolán, Amália, Ödön, Zoltán, Zsolt
21.	2 454 792	4 01 27	Olivér, Amália, Mária
22.	2 454 793	4 05 24	Cecília, Csilla, Mária
23.	2 454 794	4 09 20	Kelemen, Klementina, Dániel
24.	2 454 795	4 13 17	Emma, Flóra, János, Virág
25.	2 454 796	4 17 13	Katalin, Karina, Katarina, Katica, Katinka, Kitti, Liza
26.	2 454 797	4 21 10	Virág, Lénárd, Péter, Szilveszter
27.	2 454 798	4 25 06	Virgil, Jakab
28.	2 454 799	4 29 03	Stefánia, Jakab
29.	2 454 800	4 32 59	Taksony
30.	2 454 801	4 36 56	András, Andor, Amália, Endre



A déli égbolt november 15-én 20:00-kor (KÖZEI)

Bolygók

Merkúr: A hónap első felében jól megfigyelhető, 1-jén másfél órával kel a Nap előtt. A hónap közepére láthatósága nagyon leromlik, 25-én felső együttállásba kerül a Nappal.

Vénusz: Este feltűnően látszik a délnyugati égen. A hó elején másfél órával, a végén három órával nyugszik a Nap után. Fényessége $-4^m,0$ -ról $-4^m,1$ -ra, átmérője $14''$ -ről $16''$ -re nő, fázisa 0,79-ről 0,70-ra csökken.

Mars: Előretartó mozgást végez a Mérleg, majd a Skorpió, végül a Kígyótartó csillagképben. A Nap közelsége miatt nem figyelhető meg. Fényessége $1^m,5$ -ről $1^m,3$ -ra, átmérője $3,7''$ -ről $3,8''$ -re nő.

Jupiter: Napnyugta után látszik a délnyugati ég alján a Nyilas csillagképben. Késő este nyugszik. Fényessége $-2^m,0$, átmérője $35''$.

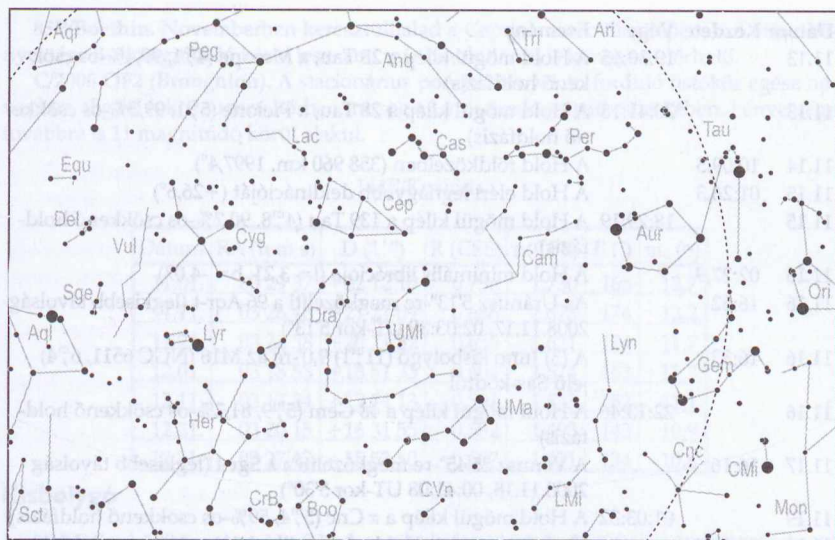
Szaturnusz: Előretartó mozgást végez az Oroszlán csillagképben. Éjfél után kel, hajnalban látható a délkeleti égen. Fényessége $1^m,0$, átmérője $17''$.

Uránusz: A hónap végén hátráló mozgása előretartóra vált. Az esti órákban kereshető a Vízöntő csillagképben. Éjfél körül nyugszik.

Neptunusz: Az esti órákban figyelhető meg a Bak csillagképben. Éjfél előtt nyugszik. Mozgása a hónap elején vált hátrálóból előre tartóra.

Eseménynaptár

Dátum	Kezdet	Vége	Esemény
11.01	13:59,5		A Hold eléri legkisebb deklinációját ($-28,0^\circ$)
11.02	05:03,7		A Hold földtávolban (405 752 km, $1767,3''$)



Az északi égbolt november 15-én 20:00-kor (KÖZEI)

Dátum	Kezdet	Vége	Esemény
11.03		04:23	A Szaturnusz 6'21"-re megközelíti a σ Leo-t (legkisebb távolság 02:10:43 UT-kor 6'20")
11.03		12:40:27	A Hold elfedi a σ Sgr-t a nappali égen (2,1 mag, 25,8%-os növekvő holdfázis)
11.05	16:29		A Vénusz 7'54"-re megközelíti a θ Oph-t (legkisebb távolság 13:50:39 UT-kor 0'28")
11.06	04:03:22		Első negyed (a Hold a Capricornus csillagképben)
11.06	19:14:15		A 56,2%-os növekvő fázisú holdkorong peremétől a Neptunusz 10'22"-re
11.08	16:19,4		A Hold nyugati librációja ($l = -7,30$)
11.08	21:47:29		A 76,5%-os növekvő fázisú holdkorong peremétől az Uránusz 3°00'30"-re
11.10	03:19,4		A Hold maximális librációja ($l = -6,76$, $b = -5,13$)
11.12	17:39,6		A Hold déli librációja ($b = -6,50$)
11.12	18:54:21		A Hold mögé belép a μ Ari (5 ^m 7, 99,5%-os növekvő holdfázis)
11.13	06:17:24		Telihold (a Hold az Aries csillagképben)
11.13	18:10	20:55	A Hold elfedi a Plejádokat (99,4%-os csökkenő holdfázis, 40 fok horizont feletti magasság)
11.13		19:12:11	A Hold mögül kilép a 17 Tau, az Electra (3 ^m 7, 99,4%-os csökkenő holdfázis)
11.13	19:17:28	20:10:06	A Hold elfedi az η Tau-t, az Alcyone-t (2 ^m 9, 99,4%-os csökkenő holdfázis)

Dátum	Kezdet	Vége	Esemény
11.13		19:30:15	A Hold mögül kilép a 23 Tau, a Merope (4^m1 , 99,4%-os csökkenő holdfázis)
11.13		20:41:18	A Hold mögül kilép a 28 Tau, a Pleione (5^m1 , 99,3%-os csökkenő holdfázis)
11.14	10:09,5		A Hold földközelpontban (358 960 km, 1997,4")
11.15	01:26,3		A Hold eléri legnagyobb deklinációját (+26,6°)
11.15		18:29:19	A Hold mögül kilép a 139 Tau (4^m8 , 90,7%-os csökkenő holdfázis)
11.16	02:27,9		A Hold minimális librációja ($l= 3,21$, $b= -4,07$)
11.16	16:52		Az Uránusz $5'13''$ -re megközelíti a 96 Aqr-t (legkisebb távolság 2008.11.17, 02:03:39 UT-kor $5'13''$)
11.16	16:53		A (3) Juno kisbolygó (11^m1) $9,0'$ -re az M16 (NGC 6511, 6^m4) jelű Sas-ködötől
11.16		22:13:46	A Hold mögül kilép a 48 Gem (5^m9 , 81,2%-os csökkenő holdfázis)
11.17	16:16		A Vénusz $25'45''$ -re megközelíti a λ Sgr-t (legkisebb távolság 2008.11.18, 00:41:08 UT-kor $5'30''$)
11.19		01:03:32	A Hold mögül kilép a π Cnc (5^m4 , 59%-os csökkenő holdfázis)
11.19	21:30:44		Utolsó negyed (a Hold a Leo csillagképben)
11.20	17:09,2		A Hold keleti librációja ($l= 7,05$)
11.25	10:52,1		A Merkúr felső együttállásban a Nappal (Naptól 0,6 fokra)
11.25	17:49,7		A Hold északi librációja ($b= 6,62$)
11.26		05:30	35 ó 24 p-es holdsarló 3,0 fok magasan a hajnali égen
11.27	16:54:36		Újhold (a Hold a Scorpius csillagképben)
11.28	16:09		A Vénusz $24'04''$ -re megközelíti a χ_1 Sgr-t (legkisebb távolság 2008.11.29, 00:01:03 UT-kor $6'22''$)
11.29	10:56,7		A Hold eléri legkisebb deklinációját (-27,8°)
11.29	15:31		46 ó 37 p-es holdsarló 1,6 fok magasan az esti égen
11.29	17:09,5		A Hold földtávolban (406 493 km, 1763,8")
11.30		03:57	A (264) Libussa kisbolygó (11^m6) áthalad a Plejádok (M45) nyílthalmazon (2008.11.30–12.04 között)
11.30		03:57	A (264) Libussa kisbolygó (11^m6) $8'32''$ -re a 26 Tau-tól, a Pleione-től (Plejádok halmaztag, 5^m0)

Üstökösök

144P/Kushida. Yoshio Kushida japán amatőr csillagász fedezte fel 10 cm-es kamerával 1994. január 8-án, TP 6415-ös filmre készített felvételen. A 10 magnitúdóig fényesedő égitestet akkoriban vizuálisan is észleltük, ám 7,5 éves keringési periódusa miatt 2001-ben nagyon kedvezőtlen helyzetben látszott. Mostani visszatérése ismét remek alkalmat kínál a megfigyelésére. Az Aries és a Taurus határán lassan mozgó üstökös fényessége a hónap folyamán 12 magnitúdó körül lesz.

85P/Boethin. Novemberben keresztülhalad a Capricornus csillagképen, miközben fényessége 8–9 magnitúdó körül lesz, ami már binokulárral is könnyen elérhető.

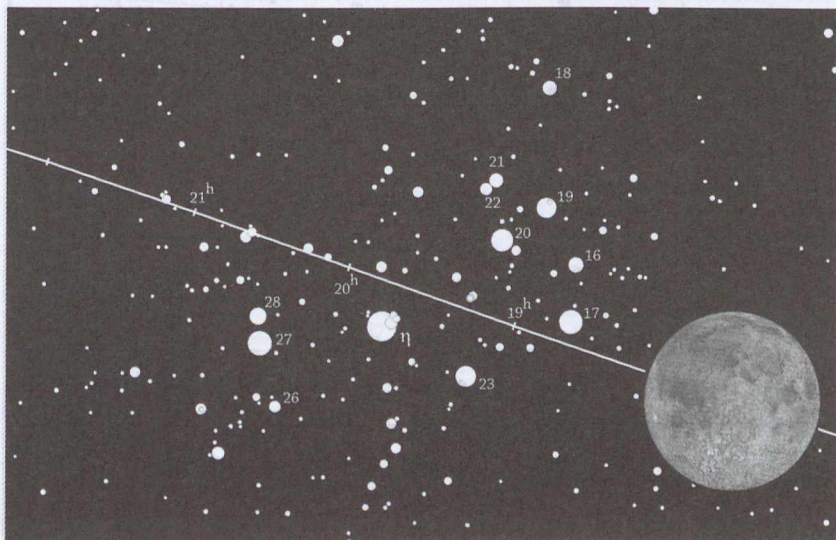
C/2006 OF2 (Broughton). A stacionárius pontja környékén forduló üstökös egész hónapban alig fél fokos sugarú körben mozog a Lynx északnyugati csücskében. Fényessége továbbra is 11 magnitúdó körül alakul.

144P/Kushida

Dátum	RA (h m s)	D (° ' ")	R (CSE)	r (CSE)	E (°)	m_v (m)
11.01.	03 29 37	+22 12 10	0,756	1,730	163	12,7
11.11.	03 26 46	+21 21 09	0,686	1,673	174	12,2
11.21.	03 22 38	+20 11 32	0,635	1,621	174	11,7
12.01.	03 18 53	+18 51 33	0,604	1,574	163	11,3
12.11.	03 17 34	+17 34 13	0,591	1,533	152	11,1
12.21.	03 20 15	+16 31 55	0,592	1,498	143	10,9
12.31.	03 27 47	+15 52 50	0,607	1,471	134	10,8

Kisbolygó

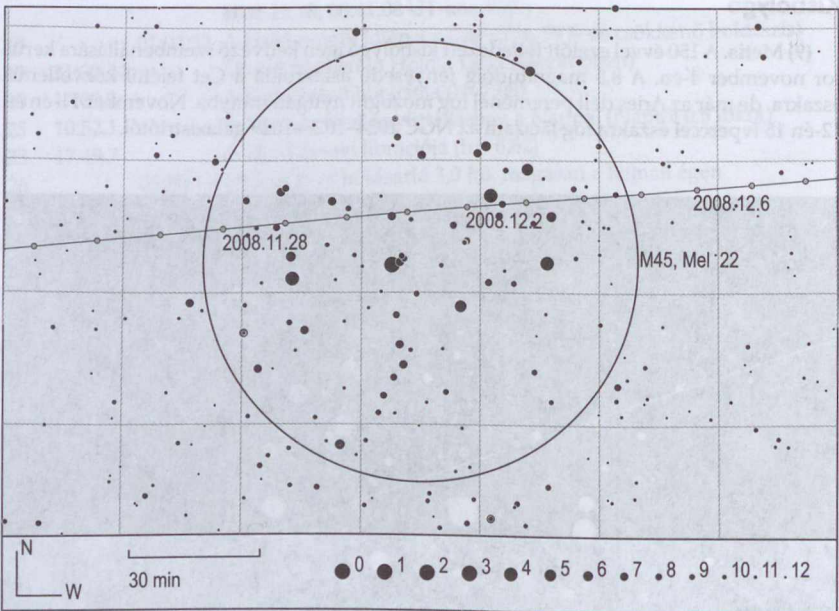
(9) **Metis.** A 150 évvel ezelőtt felfedezett kisbolygó igen kedvező szembenállására kerül sor november 4-én. A 8,5 magnitúdóig fényesedő aszteroida a Cet fejtől közvetlenül északra, de már az Aries déli pereménél fog mozogni nyugati irányba. November 11-én és 12-én 15 ívperccel északra fog látszani az NGC 1024–1028–1029 galaxistriótól.



Plejádok-okkultáció november 13-án

A Tauridák meteorraj

A Tauridák a 2P/Encke üstökőshöz kapcsolódó meteorraj-komplexum része. A raj két ágra bomlik, egy északra és egy délre. Vizuális és teleszkopikus módszerrel elég nehéz megkülönböztetni egymástól a két rajt, mert nagy és diffúz a radiáns. A nagy átlagfényesség és a viszonylag kis sebesség a rajtagokat ideálissá teszi a fotografikus munka számára. A lassú mozgás, a nem túl erős aktivitás a kezdő észlelők számára kedvező oktatási feltételeket teremt. A rajtagok között gyakoriak a fényes tűzgömbök is, bár ezek nem jelentkeznek minden évben. David Asher szerint egy kisebb csomósodás lehet a felelős ezekért a tűzgömbökért. Ilyen „tűzgömb-maximum” következett be 1995-ben és 1998-ban is. 1995-ben a nagyon fényes rajtagok október utolsó hetében jelentkeztek, míg 1998-ban inkább október vége és november közepe közötti időszakban fordultak elő. Idén a maximum újhold és első negyed között lesz, így közel ideálisak lehetnek a megfigyelési viszonyok. Mindkét ág aktivitása október 1. és november 25. közé esik. Az északi rész maximuma november 1-jén, míg a délié november 5-én van. Általában 5 meteor látható óránként. A maximum hosszan elnyúlik, kb. 10 napig tart.

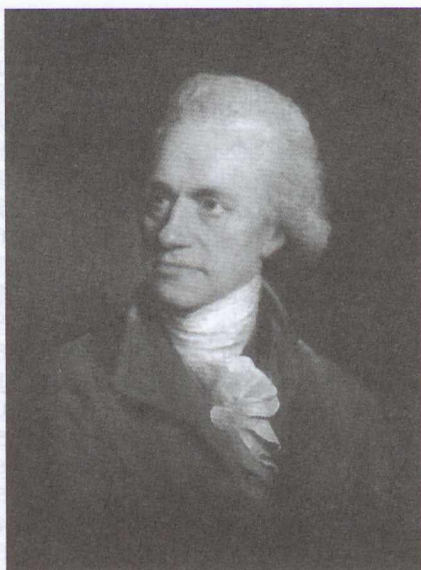


11.30. A (264) Libussa kisbolygó ($11^m,6$) áthalad a Plejádok (M45) nyílthalmazon (2008.11.30–12.04 között)

Évforduló

Sir William Herschel 270 éve született (Hannover, 1738. november 15.)

Német-angol csillagász, kezdetben zenész, később fordult a figyelme a csillagászat felé. A modern csillagászat atyjának is szokták nevezni. A XVIII. sz. legjobb megfigyelő csillagásza. 1781-ben felfedezi az Uránuszt. A Tejútrendszer alakjának első meghatározója. Csillaghalmazokról katalógust készít, felismeri a csillagközi ködök jelentőségét (1811: először ő tételezte fel, hogy a csillagok ezekből keletkeznek). 1787-ben két Uránusz-holdat fedez fel. 1789-ben készül el nagy, 122 cm átmérőjű fémtükrös reflektora, amellyel pl. a Szaturnusz két holdját fedezi fel (1789) és gyűrűket sejt az Uránusz körül – utóbbit nem merte bizonyított tényként állítani! 1800-ban hőmérő segítségével a Nap színképében kimutatja a vörösön túli sugárzást (ezzel felfedezi az infravörös sugarakat). Kísérletet tesz a csillagok paralaxisának mérésére. Jelentős érdeme még a kettőscsillagok létének felismerése (1802) és fizikai kapcsolatuk leírása, kettőscsillag-katalógus összeállítása (először 1782-ben, ebben 269 csillagpár). 1822. aug. 25-én halt meg saját obszervatóriumi épületében, Slough-ban. Érdekesség, hogy az IAU épp a 2000. sorszámú kisbolygóval örököztette meg Herschel nevét. Ezen kívül a Naprendszer különböző holdjain és a Marson is különféle képződményeket neveztek el róla. Bath-i rezidenciájában csillagászati múzeum működik.



William Herschel (a portrét Lemuel Francis Abbott 1785-ben festette, olaj, vászonn)

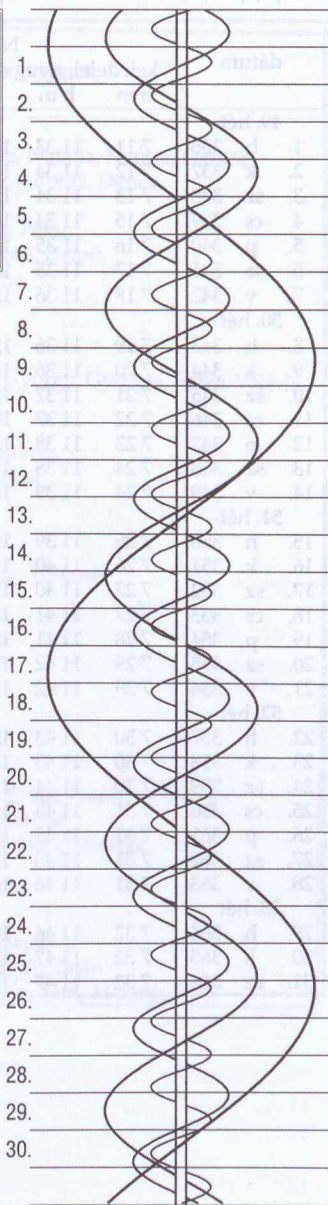
A Hold csillagfedései novemberben

Dátum hó nap	UT			J	Csillag			Hold		C	PA	A	B		
	h	m	s		ZC No	SAO	m	fázis	h						
11	4	18	9 48	be	2911	188737	7,6	36	+	12	65	D	105	1,8	-1,7
11	5	16	46 57	be	3026	163833	7,4	45	+	23	67	É	52	1,4	0,5
11	9	16	25 31	be	128456		7,6	83	+	31	81	É	60	0,9	1,7
11	9	18	20 10	be	128489		7,2	84	+	44	65	É	44	1,1	1,6
11	9	18	26 6	be	3525	128492	7,6	84	+	44	59	É	38	1,0	1,6
11	9	18	28 28	be	128494		7,6	84	+	44	80	É	59	1,3	1,2
11	12	18	54 21	be	399	μ Ari	5,7	100	+	44	43	D	154	-0,1	2,3
11	13	18	14 50	be	537	17 Tau	3,7	99	-	30	-79	D	60	0,1	1,8
11	13	18	50 45	be	545	23 Tau	4,1	99	-	36	-20	D	120	1,2	0,5

Dátum		UT			J	Csillag			Hold			C	PA	A	B	
hó	nap	h	m	s		ZC No	SAO	m	fázis	h	m/o					m/o
11	13	18	55	29	be	541	20 Tau	3,9	99	-	37	-59	É	18	-0,4	2,9
11	13	19	12	11	ki	537	17 Tau	3,7	99	-	40	59	É	262	0,7	1,4
11	13	19	17	28	be	552	η Tau	2,9	99	-	41	-37	D	104	1,0	0,9
11	13	19	30	15	ki	545	23 Tau	4,1	99	-	43	61	D	201	-0,2	2,9
11	13	19	32	51	ki	541	20 Tau	3,9	99	-	44	18	É	302	1,5	0,2
11	13	19	47	48	ki	76167		7,6	99	-	46	64	É	256	0,8	1,5
11	13	19	54	50	ki	546	76173	7,3	99	-	47	57	É	264	0,9	1,3
11	13	20	8	38	ki	549	24 Tau	6,3	99	-	49	81	D	222	0,5	2,2
11	13	20	10	6	ki	552	η Tau	2,9	99	-	49	76	D	217	0,4	2,4
11	13	20	22	33	ki	553	76200	6,8	99	-	51	67	É	254	1,0	1,4
11	13	20	41	18	ki	561	28 Tau	5,1	99	-	54	45	D	187	-0,4	4,5
11	13	20	50	42	ki	557	76216	7,0	99	-	56	72	É	250	1,1	1,4
11	13	21	13	5	ki	76234		7,5	99	-	59	74	É	248	1,1	1,4
11	13	21	14	25	ki	562	76236	6,6	99	-	59	78	É	244	1,1	1,5
11	13	21	26	16	ki	76249		7,5	99	-	60	86	D	229	1,0	2,0
11	13	21	48	53	ki	76259		7,4	99	-	63	72	É	251	1,3	1,2
11	14	23	25	43	ki	76895		7,5	95	-	67	83	É	263	1,5	0,6
11	14	23	36	21	ki	750	76903	6,9	95	-	68	57	É	290	1,7	-0,6
11	15	1	6	55	ki	76945		7,5	95	-	66	55	É	292	1,5	-1,3
11	15	1	30	57	ki	762	76955	6,6	95	-	64	62	D	229	1,7	1,3
11	15	4	31	6	ki	780	77028	6,8	95	-	37	87	D	256	0,7	-0,9
11	15	18	29	19	ki	900	139 Tau	4,8	90	-	14	34	D	210	-0,9	2,5
11	15	20	29	16	ki	912	77900	7,0	90	-	33	18	É	339	2,2	-2,7
11	15	21	47	3	ki	77960		7,7	89	-	45	32	É	325	1,7	-1,3
11	15	23	35	58	ki	932	78066	7,3	89	-	61	11	D	188	9,9	9,9
11	16	20	5	1	ki	1080	79065	6,7	82	-	17	62	D	247	-0,2	1,8
11	16	22	13	46	ki	1092	48 Gem	5,9	81	-	38	77	D	263	0,7	1,5
11	16	23	25	19	ki	79214		7,9	80	-	49	30	D	216	0,7	4,8
11	17	22	14	53	ki	1242	80030	6,9	71	-	26	24	É	348	1,2	-2,6
11	18	1	27	41	ki	80107		7,7	70	-	55	45	D	238	1,8	2,9
11	18	2	38	0	ki	80131		7,2	69	-	61	67	É	307	1,4	-1,1
11	19	1	3	32	ki	1375	π Cnc	5,4	59	-	40	37	D	234	1,4	4,0
11	19	1	34	12	ki	98461		7,8	59	-	45	74	D	272	1,4	1,1
11	19	23	24	4	ki	1474	98294	7,1	48	-	13	81	D	281	0,2	1,1
11	22	4	16	35	ki	1703	139395	7,7	26	-	32	88	É	294	1,3	0,2
11	23	4	5	19	ki	138835		8,8	18	-	21	77	É	302	0,8	0,3

Jupiter-holdak

d	UT	hold	j	d	UT	hold	j	d	UT	hold	j
	h:m				h:m				h:m		
2.16:36,6		G	fk	9.16:03,6		G	mk	17.16:06,8		E	fv
17:01,8		I	mk	10.16:23,2		I	ek	18:22,6		I	ek
3.16:39,7		I	ev	17:29,6		I	ák	19.16:09,5		I	áv
17:50,4		I	áv	18:38,7		I	ev	20.18:12,1		G	áv
5.18:02,7		C	fv	11.16:55,8		I	fv	25.17:31,3		I	mk
8.16:06,2		E	ev	15.16:05,8		E	ek	26.15:48,4		I	ák
18:26,1		E	áv	18:15,3		E	ák	17:08,6		I	ev



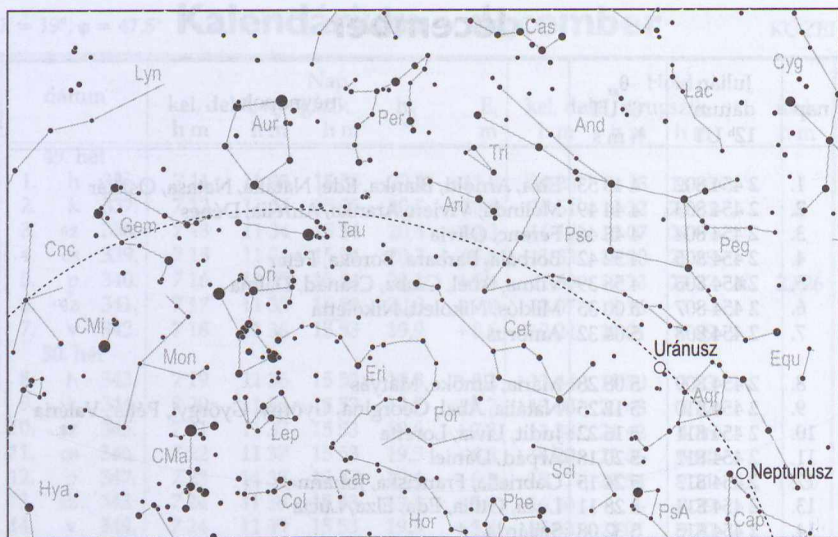
$\lambda = 19^\circ, \varphi = 47,5^\circ$ **Kalendárium – december** KÖZEI

dátum	Nap					Hold			fázis h m
	kel h m	delel h m	nyugszik h m	h_d °	E_t m	kel h m	delel h m	nyugszik h m	
49. hét									
1. h 336.	7 11	11 33	15 55	20,7	+11,0	10 23	14 35	18 53	
2. k 337.	7 12	11 34	15 55	20,5	+10,6	10 51	15 22	20 01	
3. sz 338.	7 13	11 34	15 54	20,4	+10,2	11 14	16 07	21 09	
4. cs 339.	7 15	11 34	15 54	20,3	+9,8	11 33	16 50	22 18	
5. p 340.	7 16	11 35	15 54	20,1	+9,4	11 50	17 33	23 27	● 22 26
6. sz 341.	7 17	11 35	15 53	20,0	+9,0	12 07	18 16	–	
7. v 342.	7 18	11 36	15 53	19,9	+8,6	12 24	19 01	0 39	
50. hét									
8. h 343.	7 19	11 36	15 53	19,8	+8,2	12 44	19 50	1 53	
9. k 344.	7 20	11 36	15 53	19,7	+7,7	13 08	20 43	3 12	
10. sz 345.	7 21	11 37	15 53	19,6	+7,3	13 38	21 42	4 36	
11. cs 346.	7 22	11 37	15 53	19,5	+6,8	14 20	22 46	6 01	
12. p 347.	7 23	11 38	15 53	19,4	+6,3	15 17	23 54	7 21	○ 17 37
13. sz 348.	7 24	11 38	15 53	19,4	+5,9	16 30	–	8 29	
14. v 349.	7 24	11 39	15 53	19,3	+5,4	17 53	1 01	9 20	
51. hét									
15. h 350.	7 25	11 39	15 53	19,2	+4,9	19 18	2 04	9 58	
16. k 351.	7 26	11 40	15 54	19,2	+4,4	20 41	3 01	10 26	
17. sz 352.	7 27	11 40	15 54	19,1	+4,0	22 00	3 53	10 48	
18. cs 353.	7 27	11 41	15 54	19,1	+3,5	23 14	4 41	11 07	
19. p 354.	7 28	11 41	15 55	19,1	+3,0	–	5 26	11 24	● 11 29
20. sz 355.	7 29	11 42	15 55	19,1	+2,5	0 26	6 09	11 41	
21. v 356.	7 29	11 42	15 55	19,1	+2,0	1 36	6 53	11 59	
52. hét									
22. h 357.	7 30	11 43	15 56	19,1	+1,5	2 45	7 37	12 20	
23. k 358.	7 30	11 43	15 57	19,1	+1,0	3 54	8 23	12 45	
24. sz 359.	7 30	11 44	15 57	19,1	+0,5	5 01	9 11	13 16	
25. cs 360.	7 31	11 44	15 58	19,1	–0,0	6 04	10 01	13 56	
26. p 361.	7 31	11 45	15 59	19,1	–0,5	7 00	10 52	14 44	
27. sz 362.	7 31	11 45	15 59	19,2	–1,0	7 47	11 42	15 41	● 13 22
28. v 363.	7 31	11 46	16 00	19,2	–1,5	8 25	12 32	16 45	
53. hét									
29. h 364.	7 32	11 46	16 01	19,3	–2,0	8 55	13 19	17 52	
30. k 365.	7 32	11 47	16 02	19,4	–2,5	9 19	14 05	19 00	
31. sz 366.	7 32	11 47	16 03	19,4	–3,0	9 39	14 48	20 08	

december

nap	Julián dátum 12 ^h UT	θ_{gr} 0 ^h UT h m s	névnapok
1.	2 454 802	4 40 53	Elza, Arnold, Blanka, Ede, Natália, Natasa, Oszkár
2.	2 454 803	4 44 49	Melinda, Vivien, Aranka, Aurélia, Dénes
3.	2 454 804	4 48 46	Ferenc, Olívia
4.	2 454 805	4 52 42	Borbála, Barbara, Boróka, Péter
5.	2 454 806	4 56 39	Vilma, Ábel, Csaba, Csanád, Dalma
6.	2 454 807	5 00 35	Miklós, Nikolett, Nikoletta
7.	2 454 808	5 04 32	Ambrus
8.	2 454 809	5 08 28	Mária, Emőke, Mátyás
9.	2 454 810	5 12 25	Natália, Ábel, Georgina, György, Györgyi, Péter, Valéria
10.	2 454 811	5 16 22	Judit, Lívia, Loretta
11.	2 454 812	5 20 18	Árpád, Dániel
12.	2 454 813	5 24 15	Gabriella, Franciska, Johanna
13.	2 454 814	5 28 11	Luca, Otília, Éda, Elza, Lúcia
14.	2 454 815	5 32 08	Szilárda
15.	2 454 816	5 36 04	Valér, Dezső, Mária
16.	2 454 817	5 40 01	Etelka, Aletta, Alida, Beáta, Tihamér
17.	2 454 818	5 43 57	Lázár, Olimpia
18.	2 454 819	5 47 54	Auguszt, Dezső, Mária
19.	2 454 820	5 51 51	Viola
20.	2 454 821	5 55 47	Teofil, Ignác, Krisztián
21.	2 454 822	5 59 44	Tamás, Péter
22.	2 454 823	6 03 40	Zénó, Anikó
23.	2 454 824	6 07 37	Viktória
24.	2 454 825	6 11 33	Ádám, Éva, Adél, Alinka, Ervin, Hermina, Noémi
25.	2 454 826	6 15 30	Karácsony; Eugénia, Anasztázia
26.	2 454 827	6 19 26	Karácsony; István, Dénes, Előd, Stefánia
27.	2 454 828	6 23 23	János
28.	2 454 829	6 27 20	Kamilla, Ármin, Gáspár
29.	2 454 830	6 31 16	Tamás, Tamara, Dávid, Gáspár
30.	2 454 831	6 35 13	Dávid, Dénes, Hunor, Margit, Zalán
31.	2 454 832	6 39 09	Szilveszter, Darinka, Katalin, Kitti, Melánia

28. Az iszlám naptár 1430. évének kezdete napnyugtakor



A déli égbolt december 15-én 20:00-kor (KÖZEI)

Bolygók

Merkúr: A hónap közepétől kereshető napnyugta után a délnyugati látóhatár közelében. Láthatósága lassan javul, a hónap végén másfél órával nyugszik a Nap után.

Vénusz: Az esti égbolt feltűnő égiteste, magasan a délnyugati látóhatár felett. Hó elején három, a végén négy órával nyugszik a Nap után. Fényessége $-4^m,1$ -ről $-4^m,3$ -ra, átmérője $16''$ -ről $21''$ -re nő, fázisa 0,70-ról 0,58-ra csökken.

Mars: Előretartó mozgást végez a Kígyóirtó, majd a Nyilas csillagképben. A Nap közelsége miatt nem figyelhető meg, 5-én együttállásban van a Nappal. Fényessége $1^m,3$, átmérője $3,8''$.

Jupiter: Napnyugta után látszik a délnyugati ég alján a Nyilas csillagképben. Két órával a Nap után nyugszik. Fényessége $-1^m,9$, átmérője $33''$.

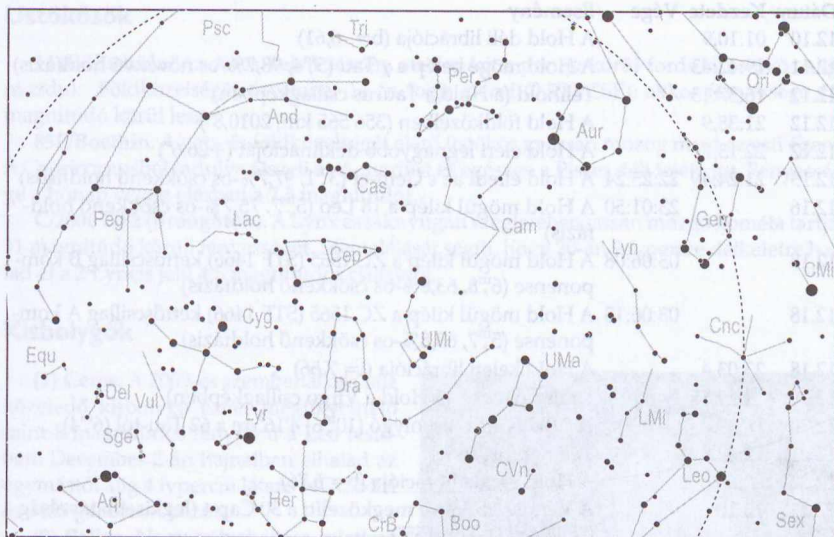
Szaturusz: Előretartó mozgást végez az Oroszlán csillagképben. Éjjel előtt kel, az éjszaka második felében figyelhető meg. Fényessége $1^m,0$, átmérője $18''$.

Uránusz: Az esti órákban kereshető a Vízöntő csillagképben. Éjjel előtt nyugszik.

Neptunusz: Az esti órákban figyelhető meg a Bak csillagképben. Késő este nyugszik.

Eseménynaptár

Dátum	Kezdet	Vége	Esemény
12.01	03:12,7		A Hold minimális librációja ($l = -2,54$, $b = 2,85$)
12.01		03:21	A (192) Nausikaa kisbolygó ($11^m,6$) $3,1'$ -re az NGC 2903 ($9^m,6$) jelű galaxistól
12.01	16:07		Napnyugta után a Vénusz és a Jupiter egymástól $2^o02'13''$ -ra vannak (legkisebb távolság 08:32:52 UT-kor $2^o00'54''$)



Az északi égbolt december 15-én 20:00-kor (KÖZEI)

Dátum	Kezdet	Vége	Esemény
12.01	16:24:30	17:25:30	A Hold elfedi a Vénuszt (13,6%-os növekvő fázisú Hold, bolygó: -4^m1 , $16,6''$, 58 s belépés, 53 s kilépés)
12.01	17:26:37		A 13,8%-os növekvő fázisú holdkorong peremétől a Jupiter $1^{\circ}37'21''$ -re
12.01	21:58		A (264) Libussa kisbolygó (11^m6) $12'46''$ -re a η Tau-tól, az Alcyone-től (Plejádok halmaztag, 2^m8)
12.03	16:07		A (264) Libussa kisbolygó (11^m7) $5'22''$ -re a 20 Tau-tól, az Maia-tól (Plejádok halmaztag, 3^m9)
12.04		05:01	A (264) Libussa kisbolygó (11^m7) $8'05''$ -re a 19 Tau-tól, az Taygeta-tól (Plejádok halmaztag, 4^m3)
12.04		05:01	A (264) Libussa kisbolygó (11^m7) $3'57''$ -re a 16 Tau-tól, az Celaeno-tól (Plejádok halmaztag, 5^m5)
12.05	21:25:37		Első negyed (a Hold az Aquarius csillagképben)
12.05	22:03,1		A Mars együttállása a Nappal
12.05	23:07,7		A (312) Pierretta kisbolygó (50 km, 13^m5) elfedi a TYC 2415-01100-1 jelű csillagot (12^m0 , 3,4 mp-ig tart)
12.06	21:49,9		A Hold nyugati librációja ($l = -7,92$)
12.06	21:50:12		A Hold mögé belép a λ Psc (4^m5 , 60,5%-os növekvő holdfázis)
12.08	01:28,2		A Hold maximális librációja ($l = -7,59$, $b = -5,81$)
12.08	16:06		Az Uránusz $4'20''$ -re megközelíti a 96 Aqr-t (legkisebb távolság 2008.12.09, 03:36:18 UT-kor $4'19''$)
12.09	16:06		A Vénusz $15'23''$ -re megközelíti a 4 Cap-t (legkisebb távolság 14:27:58 UT-kor $14'39''$)

Dátum	Kezdet	Vége	Esemény
12.10	01:10,9		A Hold déli librációja (b= -6,61)
12.11	19:42:43		A Hold mögé belép a χ Tau (5^m4 , 98,7%-os növekvő holdfázis)
12.12	16:37:13		Telihold (a Hold a Taurus csillagképben)
12.12	21:38,9		A Hold földközélen (356 565 km, 2010,8")
12.12	22:13,7		A Hold eléri legnagyobb deklinációját (+26,6°)
12.13	21:24:49	22:25:24	A Hold elfedi az ε Gem-et (3^m1 , 97,7%-os csökkenő holdfázis)
12.16		23:01:50	A Hold mögül kilép a 18 Leo (5^m7 , 75,7%-os csökkenő holdfázis)
12.18		03:06:08	A Hold mögül kilép a ZC 1565 (STF 1466) kettőscsillag B komponense (6^m8 , 63,8%-os csökkenő holdfázis)
12.18		03:06:13	A Hold mögül kilép a ZC 1565 (STF 1466) kettőscsillag A komponense (5^m7 , 63,8%-os csökkenő holdfázis)
12.18	23:03,4		A Hold keleti librációja (l= 7,66)
12.19	10:29:15		Utolsó negyed (a Hold a Virgo csillagképben)
12.20	16:09		A (10) Hygiea kisbolygó (10^m6) 4'16"-re a 62 Tau-tól (6^m4)
12.21	12:03,8		Téli napforduló
12.22	20:06,6		A Hold északi librációja (b= 6,76)
12.22	16:10		A Vénusz 25'36"-re megközelíti a 30 Cap-t (legkisebb távolság 07:48:41 UT-kor 9'55")
12.24	01:32,3		A (844) Leontina kisbolygó (66 km, 14^m2) elfedi a 2UCAC 44104540 jelű csillagot (11^m9 , max. 5,0 mp-ig tart)
12.25		05:16	A 4,8%-os csökkenő fázisú holdkorong peremétől az Antares 26'44"-re (legkisebb távolság 05:52:44 UT-kor 23'59")
12.26	09:39,9		A Hold eléri legkisebb deklinációját (-27,9°)
12.26	18:05,1		A Hold földtávolban (406 594 km, 1763,4")
12.26	22:40		A (145) Adeona kisbolygó (11^m5) 3'46"-re a κ_1 Tau-tól (4^m2)
12.27	12:22:27		Újhold (a Hold a Sagittarius csillagképben)
12.27	16:13		Napnyugta után a Vénusz és a Neptunusz egymástól 1°23'12"-re vannak (legkisebb távolság 14:08:14 UT-kor 1°23'21")
12.28	18:59,9		A Hold minimális librációja (l= -2,19, b= 2,20)
12.29	16:00		Az 4,1%-os növekvő fázisú holdkorong peremétől a Jupiter 2°30'39"-re (legnagyobb közelség: 08:50:13 UT-kor 1°13'05"-re)
12.31	16:02		Napnyugta után a Merkúr és a Jupiter egymástól 1°13'30"-re vannak (legkisebb távolság 14:55:04 UT-kor 1°13'26")
12.31	16:16		A 14,9%-os növekvő fázisú holdkorong peremétől a Neptunusz 2°49'14"-re (legnagyobb közelség: 08:46:26 UT-kor 2'41"-re)
12.31	18:25		A 15,6%-os növekvő fázisú holdkorong peremétől a Vénusz 2°29'14"-re (legnagyobb közelség: 19:14:26 UT-kor 2°28'14"-re)
12.31	21:52		A (1) Ceres törpebolygó (7^m9) 9,6"-re az NGC 3607 (10^m8) jelű galaxistól

Üstökösök

144P/Kushida. Az Aries keleti részén, stacionárius pontja körül fordul üstökös alig mozdul. Földközelségét december 14-én fogja elérni (0,590 CSE), akkor fényessége 11 magnitúdó körül lesz.

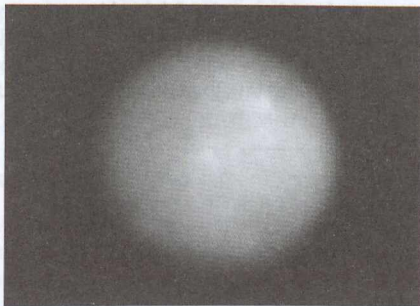
85P/Boethin. A nap- és földközelségét elérő üstökös gyorsan mozog majd az esti égen. A Capricornusból indulva átszeli az Aquariust és egészen a Pisces déli feijég jut. Fényessége a hónap végén elérheti a 7,5 magnitúdót.

C/2006 OF2 (Broughton). A Lynx északnyugati szejletében lassan mozgó kométa tartja 11 magnitúdó körüli fényességét. Megtálalását segíti, hogy 20-án 9 ívpercre délkeletre halad el a 2 Lyncis jelű 4,5 magnitúdós csillagtól.

Kisbolygók

(1) **Ceres.** A 2009-es szembenállása felé közeledő kisbolygó ismét megfigyelhető mint 8 magnitúdós fénypont a Leo testében. December 2-án hajnalban elhalad az egymástól alig 4 ívpercre látszó NGC 3454 és 3455 galaxisok között.

(2) **Pallas.** Nagy pályahajlása miatt az ekliptikától távol, a Columba és a Caelum csillagképek határán éri szembenállását december 4-én. Az egész hónapban 8 magnitúdó fényes kisbolygó megfigyelését –32 fokos deklinációja nagyon megnehezíti, ám egyben különleges észlelésekre is lehetőséget nyújt, hiszen ezekben a déli csillagképekben csak elvétve láthatunk ennyre fényes kisbolygót.



A Hubble űrtávcső ACS kamerájával 2003-ban és 2004-ben készített felvételtől összeállított kép a Ceres kisbolygóról. (NASA, ESA, J. Parker, Southwest Research Institute)

Az Ursidák meteorraj

A raj december 17–26. között figyelhető meg, december 22-i maximummal. Nagyon gyengén észlelt, alig készül róla megfigyelés. A ZHR maximuma 10 körül alakul, de néha kitöréseket mutat. Ilyenkor néha 100 körüli ZHR értéket is feljegyeztek. 1945-ben, 1982-ben, 2000-ben, 2004-ben és 2006-ban figyeltek meg jelentősebb aktivitást. Elképzelhető, hogy voltak más csúcsok is, de a kevés észlelésből ez nem mutatható ki. Idén utolsó negyed után lesz a Hold, így majdnem ideális körülmények lesznek egy kis megfigyeléshez. A radiáns az Ursa Minor (Kis Medve, Kisgöncöl) csillagképben helyezkedik el. A radiáns átmérője kicsi, 1 fok körüli. Ez kisebb, mint a szokásos 5–10 fokos átmérő. Az áramlat a 8P/Tuttle-üstököshöz kapcsolódik. A rajt William F. Denning fedezte fel a 20. század elején, és ő vette észre az üstökössel való kapcsolatot is. Az üstökös 14 évente jár napközelen, de nem minden alkalommal mutat kitörést a raj. A kitörésekben az az érdekesség, hogy az üstökös után 6 évvel jelentkeznek, amikor az már naptávolban jár. A 8P/Tuttle-üstökös legutóbb 1994-ben járt napközelen. 6 évvel később, 2000-ben percenként 1 meteort figyeltek meg. Az üstökös az idén tér vissza, így az elkövetkező 6 évben érdemes lesz odafigyelni erre a kis rajra.

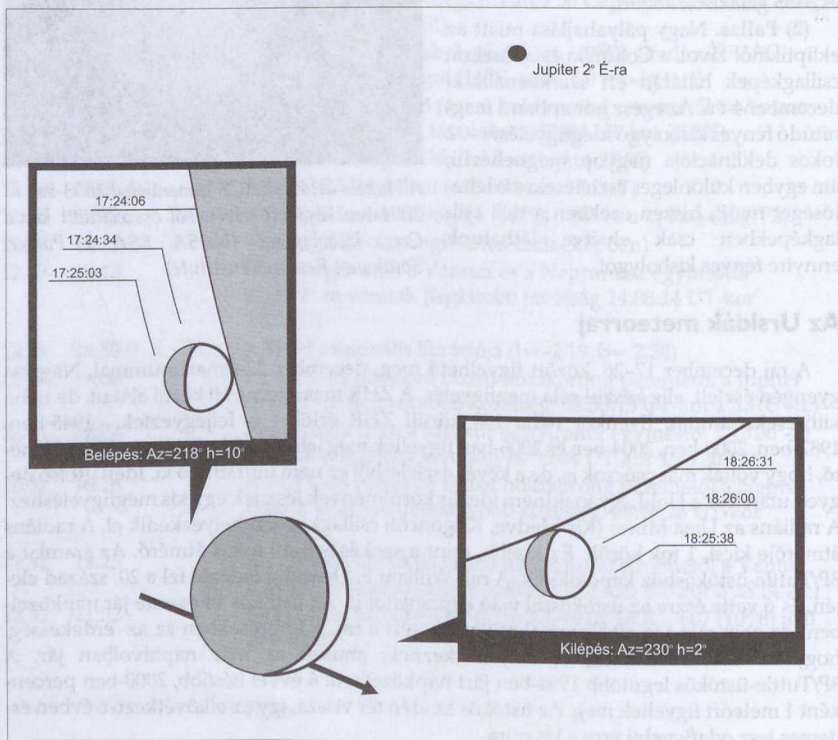
A Hold elfedi a Vénuszt

2008.12.01. 16:24:59–17:25:57 UT.

Ez a fedés nemcsak az év (meg a rákövetkező három év) leglátványosabb bolygófedése, hanem a Hold általi Vénusz-fedések sorában is kiemelkedő lesz.

A Nap utáni két legfényesebb égitest fedi el egymást, ráadásul a koromfekete éjszakában.

2008. december 1-jén a 4 napos, 13,6%-os holdsarló elfedi a Vénusz bolygót. Vénusz-fedéseket már láthattunk az elmúlt években, a mostani jelenség különlegessége abban lesz, hogy nem nappali fedés, hanem a csillagászati szürkület alatt illetve után történik meg a káprázatos esemény. A belépéskor 14,8 fokkal lesz a horizont alatt a napkorong (napnyugta 14:55 UT-kor), a kilépéskor 24,7 fokkal. A erőteljes hamuszürke fényrel megvilágított holdkorong mögé a 16,6" átmérőjű, 69%-os fázisú, -4^m1 fényességű Vénusz 16:24:59 UT-kor lép be 58 másodperc alatt, PA 107 foknál, a Mare Humorum–Oceanus Procellanum környezetében. A 42,8 fokos elongációban levő Vénusz a belépéskor csak 9,5 fokkal lesz a horizont felett. Az 53 másodpercig tartó kilépésre picit több mint egy órával később, 17:25:57 UT-kor (Budapestre számolva) kerül sor PA 199 foknál, a Biela-kráter közelében, mindössze 2,5 fokkal a látóhatár felett. A szép égi pároshoz tisztes távolban (kicsit több mint 2 fokra) csatlakozik a Jupiter bolygó is. Szabad



szemmel igazán fenomenális látvány lesz, erre érdemes lesz mindenkinek odafigyelni, a nagyközönséget is bevonni. Fényképezni egy ilyen eseményt egyenesen „kötelező”. Már alapobjektívvá is érdemes fotózni a párost, főleg a be- és kilépések ideje alatt, amikor is nagyon szép lesz a Vénusz fényességcsökkenése. Igazán szép, címlapra kívánczó képeket távcsövekkel, hosszú fókuszú teleobjektívekkel lehet készíteni. A legmaradandóbb felvételt az a kompozíció adja majd, ahol a hamuszürke fényvel látszó holdsarló mellett a Vénusz korongját is ki lehet majd venni.

Remélhetőleg az időjárás nem hiúsítja meg a megfigyelést, mert ilyen szép Vénusz-fedést csak 2044. április 1-jén lehet látni majd legközelebb.

Az Algol fényváltozása

A β Persei (Algol, 'Démoncsillag') 93 fényév távolságban található szoros kettőscsillag, amelyben a két komponens 2,87 napos periódussal kering a tömegközéppont körül. A fedési változócsillagok egyik típusának névadó objektuma, fényessége a két csillag kölcsönös fedései miatt 2,1 és 3,4 magnitúdó között változik. A fényesebb komponens fedésekor bekövetkező főminimum kb. 8 órán át tart, ami után néhány óra alatt nyeri vissza eredeti fényességét. 2008 decemberében észlelhető minimumai (az időadatok UT-ban): dec. 2. 2:15, dec. 4. 23:00, dec. 7. 19:50, dec. 10. 16:40, dec. 25. 00:45, dec. 27. 21:35, dec. 30. 18:20.

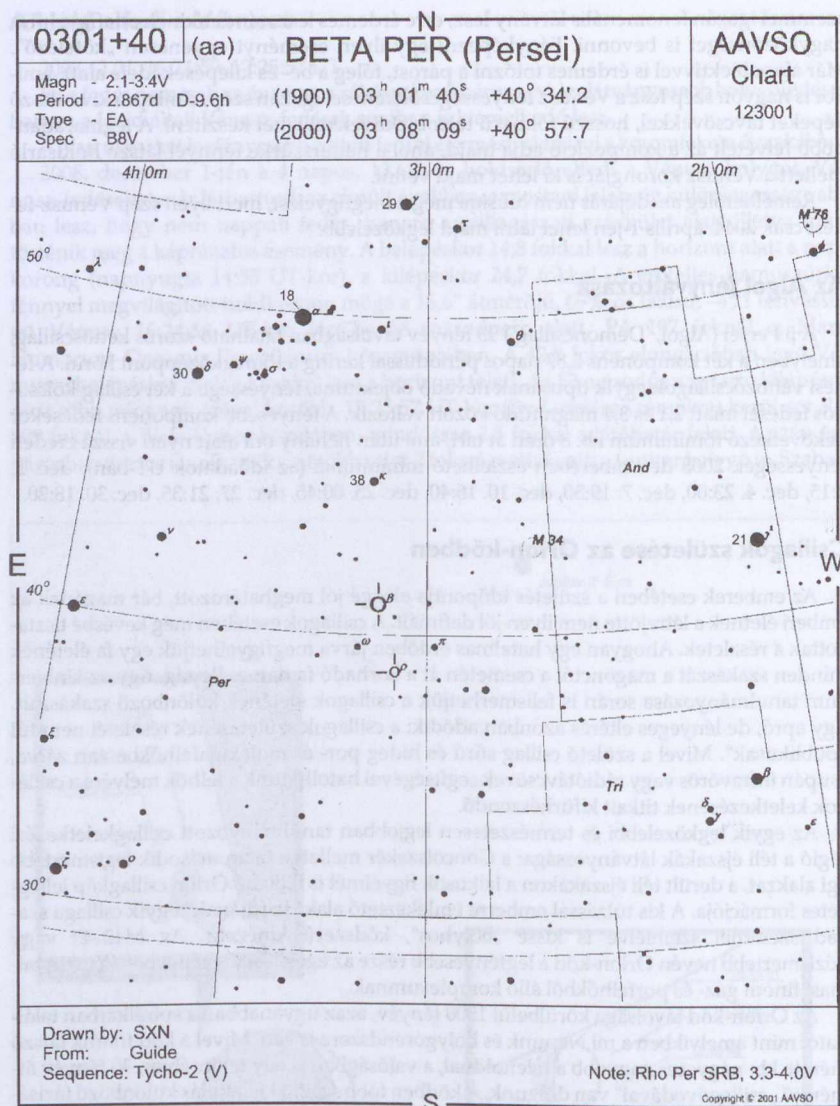
Csillagok születése az Orion-ködben

Az emberek esetében a születés időpontja eléggé jól meghatározott, bár magának az emberi életnek a létrejötte nem ilyen jól definiált. A csillagok esetében még kevésbé tisztázottak a részletek. Ahogyan egy hatalmas erdőben járva megfigyelhetjük egy fa életének minden szakaszát a magonctól a csemetén át a korhadó famatuzsálemig, úgy az Univerzum tanulmányozása során is felismerhetjük a csillagok életének különböző szakaszait. Egy apró, de lényeges eltérés azonban adódik: a csillagok születésének részletei nem túl „publikusak”. Mivel a születő csillag sűrű és hideg por- és molekulafelhőkbe van zárva, csupán infravörös vagy rádiótávcsövek segítségével hatolhatunk a felhők mélyére a csillagok keletkezésének titkait kifürkésztendő.

Az egyik legközelebbi és természetesen legjobban tanulmányozott csillagkeletkezési régió a téli éjszakák látványossága: a Göncölszék mellett a talán második legismertebb égi alakzat, a derült téli éjszakákra a laikusok figyelmét is felkeltő Orion csillagkép jellegzetes formációja. A kis túlzással emberre emlékeztető alak „kardjának” egyik csillaga szabad szemmel szemlélve is kissé „bolyhos”, ködszerű kinézetű. Az M42-43 vagy közismertebb nevén Orion-köd a legfényesebb része az egész csillagképet behalózó hatalmas, finom gáz- és porfelhőkből álló komplexumnak.

Az Orion-köd távolsága körülbelül 1500 fényév, azaz ugyanabban a spirálkarban található, mint amelyikben a mi Napunk és bolygórendszere is van. Mivel a köd tőlünk látszó mérete kb. négyszer nagyobb a teleholdnál, a valóságban is egy tekintélyes, 30 fényév átmérőjű „csillagóvodával” van dolgunk. A ködben több száz, a kialakulás különböző fázisában lévő fiatal csillag található, sokuk körül megfigyelhetőek az úgynevezett protoplanetáris korongok (proplidok), amelyek születő bolygórendszere utalnak. Ezek kutatásával remélhetőleg saját otthonunk, a Naprendszer 4 és fél milliárd évvel ezelőtti kialakulásának részleteit is sikerül majd tisztáznunk.

Az Orion-köd legfényesebb részeit a beleágyazódott nagyon fiatal nyílthalmaz forró és energikus csillagai világítják meg. A csillagok látszó pozíciói alapján Trapéz-halmaznak el-



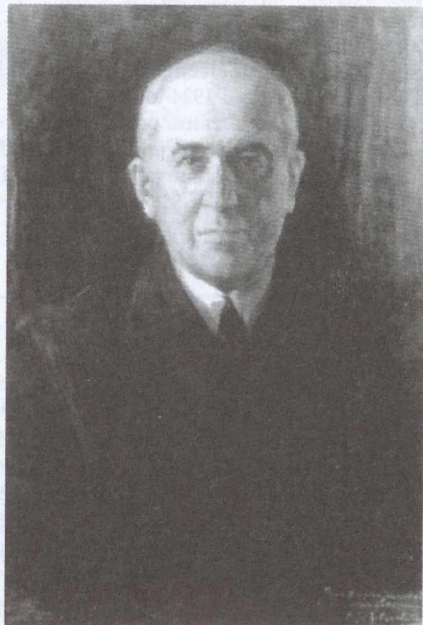
keresztelt objektum legfényesebb csillagai már egészen kis távcsővel megpillanthatóak. Nagyobb eszközt és erősebb nagyítást használva természetesen halványabb tagok, kettősök másodkomponensei is kivehetőek. Az egész köd élvezetéhez azonban a fényerős, kis nagyítású távcsövek használata célszerű. Az Orion-ködhöz hasonló nagy kiterjedésű, hal-

vány perifériákkal övezett ködös objektumok megfigyelésénél jól bevált úgynevezett elfordított látást itt is alkalmazhatjuk. Ekkor igyekezzünk ne közvetlenül meredten megfigyelésünk tárgyára koncentrálni, hanem próbáljunk meg mintegy a ködösség „melé nézni”. Ekkor szemünk olyan részére (a sárga foltra) vetül a kép, amely fokozottabban érzékeny, így a halványabb részletek is jobban előtűnnek. Az Orion-köd nemcsak fizikailag, hanem a megjelenés tekintetében is roppant összetett komplexum: szánjunk időt a látvány befogadására, meglehet, hogy a finom szálak, öblösödések, foltok csak néhány perc szemlélődés után válnak jól érzékelhetővé.

Évforduló

Milutin Milanković: 50 éve halt meg (Belgrád, 1958. december 12.)

Szerb mérnök és geofizikus. Az Eszék melletti Dályán (Dalj) született 1879. máj. 28-án. 1902-ben végzett a bécsi Műszaki Főiskolán civil mérnökként, és 1904-ben már le is doktorált (szintén a műszaki tudományokban). Az akkoriban híres Adolf Pittel báró „Betonbau Unternehmung” cégénél dolgozott, hidakat, viaduktokat, gátakat épített az Osztrák-Magyar Monarchia egész területén, egészen 1909-ig, amikor is ajánlatot kapott a Belgrádi Egyetem alkalmazott matematikai (elméleti és égi mechanika) tanszékétől. Ez fordulópont lett életében, ekkor kezdett kutatással foglalkozni. Időközben (épp esküvője után, 1914-ben) a kitört I. világháború miatt behívta az Osztrák-Magyar Hadsereg. Így került Budapestre is (vezénylés folytán), ahol engedélyt kapott, hogy az MTA könyvtárában dolgozhasson. Itt folytathatta a Napnak a bolygók klímájára és hőmérsékletére kifejtett hatásának kutatását, amit már 1912 óta tanulmányozott. A háború végeztével be tudta fejezni e témában készült monográfiáját, melyet Párizsban ki is adtak („*Théorie mathématique des phénomènes thermiques produits par la radiation solaire*”). Ezzel híressé vált a tudományos világban, különösen az általa bevezetett „napállandó” fogalma miatt. Bár ezt sokáig nem vették át általános használatba, mígnem 1924-ben a híres W. Köppen meteorológus-klimatológus, és még ismertebb veje: Alfred Wegener be nem vezették saját munkájukba („*Climates of the geological past*”), és 1927-ben két nagy jelentőségű mű (a klimatológia és a geofizika kézikönyvének) közös megírására meg nem hívták. Ezek Milanković által írott részeit – azokat, amelyben elméletét is kifejti a bolygóklímák kialakulásának fizikai okairól (különös tekintettel a Föld esetére) – németül (1930) és oroszul (1939) is kiadták. További 4 részt (amelyek az éghajlatváltozások során lezajlott eljegesedések magyarázatául a Föld pá-



Milutin Milanković (Forrás: Wikipedia)

lyaelemeinek változását jelöli meg, és ennek matematikai formulákba öntését, és kifejtését is tartalmazták) is ki akarta adni, de miután meg volt győződve, hogy a Nap sugárzására vonatkozó elmélete teljesen kidolgozott, kész, összes munkáját összegyűjtve, egyetlen kötetbe rendezve adta ki – immáron épp amikor hazáját elérte a II. világháború („*Canon of Insolation of the Earth and Its Application to the Problem of the Ice Ages*”, 1941-ben, Szerbiában). Angolra sajnos csak 1969-ben fordították le! Az általa felismert glaciális periódust róla nevezték el: ezek a kb. 100 ezer éves „Milankovitch-ciklusok”. Elméletét az 50-es években a klímakutatók támadták, miszerint a Föld pályaelemei miatti napállandó-változások túl kicsik a klimatikus változások kiváltásához. A mélytengeri üledék vizsgálata a 60-as évek végén viszont messzemenően igazolta őt, és elmélete széles körben elfogadottá vált. Kidolgozta a Módosított Julián Naptár szökőév rendszerét, melyet sok ortodox templom használ. Ezen felül a tudomány történeti fejlődése is érdekelte (egy csillagásztörténeti monográfiát, és egy kétkötetes népszerűsítő könyvet is írt a csillagászat és a természettudományok fejlődéséről). 1920-tól a Szerb Tudományos Akadémia levelező, majd 1924-től rendes tagja. 1925-től a Jugoszláv Akadémia és a Német „Leopoldina” Természettudományi Akadémia tagja, később számtalan szerb és külföldi tudományos társaság is tagjává választotta. Munkássága fontosságának a szakma holdi és marsi kráterek névadásával, valamint az 1605. sz. kisbolygóval állított emléket.

A Hold csillagfedései decemberben

Dátum hó nap	UT			J	Csillag			Hold			C	PA	A	B		
	h	m	s		ZC No	SAO	m	fázis	h	m/o					m/o	
12	1	17	30	50	be	2872	53 Sgr	6,4	13	+	2	16	É	9	-0,7	1,4
12	1	17	34	16	be	2875	188419	6,0	13	+	2	27	É	20	-0,3	0,7
12	3	16	10	16	be	3107	164262	8,4	28	+	25	81	É	64	1,5	0,1
12	3	17	46	57	be	164285		8,4	29	+	18	64	D	98	1,7	-1,6
12	4	20	7	14	be	3238	164866	6,9	39	+	10	29	D	130	2,1	-6,1
12	6	21	50	12	be	3494	λ Psc	4,5	60	+	17	64	É	42	0,4	0,1
12	7	18	53	38	be	109197		8,0	69	+	48	51	É	29	0,9	1,6
12	7	19	24	13	be	109212		8,1	69	+	46	90	D	68	1,5	0,1
12	8	15	47	59	be	177	92310	6,9	78	+	39	39	É	20	0,2	2,4
12	10	17	11	23	be	75777		7,6	94	+	42	58	D	115	1,4	0,5
12	10	19	8	19	be	470	75806	6,8	95	+	59	12	É	6	-0,2	4,3
12	10	20	18	54	be	75832		7,3	95	+	65	33	É	27	0,9	2,7
12	10	20	26	57	be	75845		7,6	95	+	65	70	D	104	1,9	-0,5
12	11	19	42	43	be	647	χ Tau	5,4	99	+	58	84	É	93	1,4	0,7
12	13	21	5	53	ki	78629		7,6	98	-	50	86	É	271	1,1	1,0
12	13	21	24	49	be	1030	ε Gem	3,1	98	-	53	-49	D	128	1,4	-0,4
12	13	21	31	56	ki	78653		7,4	98	-	54	50	É	307	1,4	-0,5
12	13	22	25	24	ki	1030	ε Gem	3,1	98	-	61	68	D	246	1,4	1,7
12	14	4	29	27	ki	1058	78897	6,8	97	-	34	47	É	315	0,0	-2,1
12	14	19	29	37	ki	79628		7,1	93	-	22	68	D	256	0,1	1,7
12	14	19	42	57	ki	1167	79461	6,3	93	-	25	71	É	298	0,5	0,6

Dátum		UT			J	Csillag			Hold			C		PA	A	B
hó	nap	h	m	s		ZC No	SAO	m	fázis	h				m/o	m/o	
12	15	3	41	6	ki	79846		7,7	91	-	49	29	D	220	3,8	3,0
12	15	21	41	50	ki	1319	98133	7,2	85	-	31	71	D	267	0,7	1,5
12	16	3	1	47	ki	98249		7,9	83	-	56	50	D	247	2,4	0,6
12	16	23	1	50	ki	1439	18 Leo	5,7	75	-	31	53	É	327	0,7	-0,7
12	16	23	48	25	ki	1441	19 Leo	6,4	75	-	38	76	É	305	1,0	0,0
12	17	1	23	58	ki	98794		7,6	74	-	49	81	D	282	1,6	0,3
12	17	4	8	49	ki	98835		7,9	74	-	50	44	D	245	2,8	0,5
12	17	23	28	33	ki	118410		7,1	65	-	23	22	É	0	0,2	-3,1
12	18	3	6	8	ki	118448		7,3	63	-	47	73	É	310	1,3	-0,9
12	18	3	6	13	ki	1565	35 Sex	6,2	63	-	47	73	É	310	1,2	-1,0
12	18	3	6	15	ki	118446		8,1	63	-	47	87	D	290	1,6	-0,4
12	19	0	52	26	ki	138220		7,1	54	-	24	79	D	282	0,9	1,0
12	19	1	23	26	ki	138233		7,0	53	-	28	50	É	334	0,5	-1,0
12	19	3	33	59	ki	1671	138252	7,3	53	-	40	32	D	235	4,4	4,1
12	22	5	5	4	ki	158226		8,4	23	-	22	87	D	284	1,6	0,4
12	24	5	1	42	ki	183572		7,6	9	-	7	65	D	250	1,6	2,0

Illusztrációk Digitális mélyérfotózás c. cikkünkhöz (Éder Iván asztrofotói)

1. A B-142 és B-143 jelű sötét ködök az Aquila csillagképben. TMB 130/780 apokromát képsík korrekttorral, átalakított Canon EOS 350D, Synta EQ6 + Boxdörfer DynoStar 28x5 perc ISO 800, vezetés: SBIG ST-4. Ágasvár (Mátra). A felvétel 2007. június 16-án készült.
2. A Lagúna- és a Trifid-köd (M8 és M20) a Sagittarius csillagképben. Zeiss Sonnar 3,5/135-ös teleobjektív f/5,6-os fényerővel, átalakított Canon EOS 350D, Synta EQ6 + Boxdörfer DynoStar, 72/500 refraktor, SBIG ST-4, 8x5 perc, ISO 800-on. Ágasvári felvétel (2007. július 14.).
3. A Medúza-köd (NGC 6888) és vidéke a Cygnusban. TMB 130/780 apokromát képsík korrekttorral, átalakított Canon EOS 350D, Synta EQ6 + SkyScan GOTO, 72/500 refraktor, manuális vezetés, 12x10 perc, ISO800, Baader UHC-S szűrő. A felvétel 2006. június 5-én készült, Ágasváron.
4. A Barlang-köd (SH 2-155) a Cepheus csillagképben. TMB 130/780 apokromát képsík korrekttorral, átalakított Canon EOS 350D, Fornax 51 + Boxdörfer DynoStar 72/500 refraktor, SBIG ST-4, 58x10 perc ISO 800-on. A felvétel Ágasváron készült, 2007. szeptember 13-án, 14-én és 15-én.





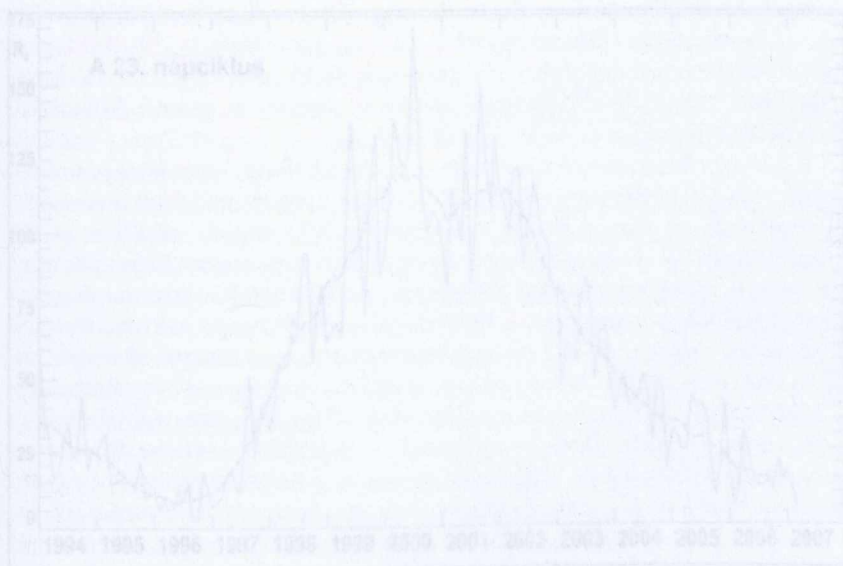


Kálmán Beis

A napkutató újdonságai

CIKKEK

Annak ellenére, hogy a naptevékenység minimuma körül járunk, az egyre több napfényes órával egyre többet tudhatunk még a hozzánk legközelebbi csillag jelenségéről. Bár a naptevékenység lezáróágiban a minimumot 2006 közepére jóvoltuk időnként elég aktív napfoltcsoportok voltak még megfigyelhetők (például decemberben) az év végen felkacartott napfoltok úszdáiak szerencsére. Mivel a minimum időpontját a megfigyelt napfolt telítettség 13 hónapos mérési adataiból határozzák meg, így legalább 8-10 hónap kell még, hogy eldőljön, mikor is következett be a 23. napciklus új minimuma. Azért bizonyos, hogy a Nap szokásainál aktív volt az előző években. A jelölést az I-X közti sávban megfigyelt rombszögletesek erőssége szerint C, M, X

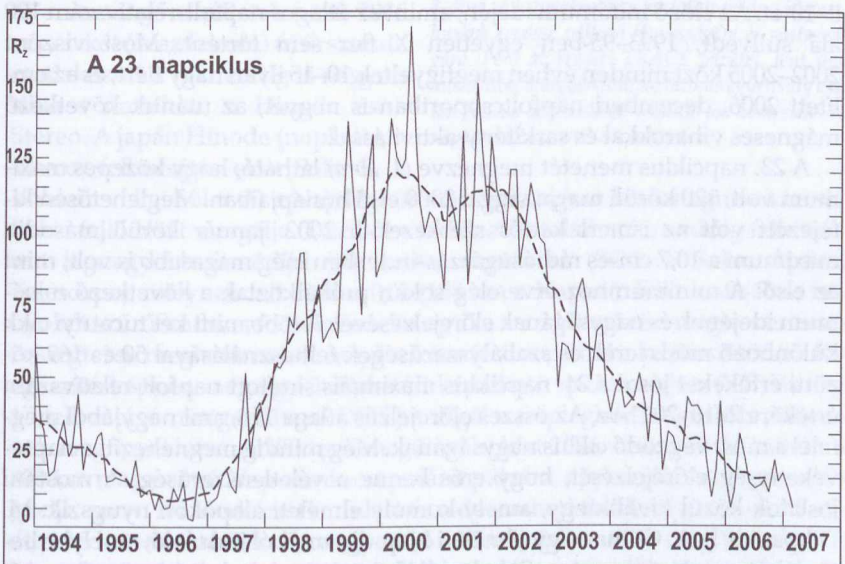


A ciklusok megfigyelését a naptevékenység a legújabb napfolt aktivitásokról (napfoltok) és a sűrűség változásokról (napfoltok) teszi.

Kálmán Béla

A napkutatás újdonságai

Annak ellenére, hogy e sorok írásakor a naptevékenység minimuma körül járunk, az egyre újabb műszerek és űreszközök segítségével egyre többet tudhatunk meg a hozzánk legközelebbi csillag jelenségeiről. Bár a naptevékenység leszálló ágában a minimumot 2006 közepére jósolták, időnként elég aktív napfoltcsoportok voltak még megfigyelhetők (például decemberben) az év végén felbocsátott napészlelő űrszondák szerencsésére. Mivel a minimum időpontját a megfigyelt napfolt-relatívszám 13 hónapos mozgó átlagából határozzák meg, így legalább 8–10 hónap kell még, hogy eldőljön, mikor is következett be a 23. napciklus utáni minimum. Annyi bizonyos, hogy a Nap szokatlanul aktív volt az utóbbi években. A flereket az 1–8 Å közti sávban megfigyelt röntgensugárzásuk erőssége szerint C, M, X



1. ábra. A most befejeződő 23. napciklus menete, a havi átlagos napfolt-relatívszámok (folytonos vonal) és a simított relatívszám (szaggatott vonal).



2. ábra. A Hinode röntgentávcsövével készült koronaképek a 2006. dec. 13-i fler előtt, kezdetekor és késői fázisában (a flerképek rövidebb expozícióval). Megfigyelhető a mágneses szerkezet egyszerűsödése: a fler előtt a hurkok fordított S formájúak, ami felhalmozódott energiára utal, a késői fázisban a hurokrendszer merőleges a polaritás-elválasztó vonalra, ez egyszerűbb, kis szabad energiájú potenciális szerkezetre jellemző. A felvétel lágyröntgen-tartományban készült, tehát a magas hőmérsékletű plazmát mutatja.

betűkkel jelölik, az egyes betűk közt tízszeres intenzitás-különbség van, így az X1-es flerből százszor erősebb röntgensugárzás éri a Föld felsőléggkörét, mint egy C1-esből. Ennek megfelelően az X kategóriás flerek elég ritkák, a szuperaktív napfoltcsoportok produkálnak láthatóságuk két hete alatt 8–10-et. Az előző minimum idején, amint az átlagos napfolt-relatívszám 100 alá süllyedt, 1993–95-ben egyetlen X fler sem történt. Most viszont 2002–2005 közt minden évben megfigyeltek 10–15 ilyen nagy flert, és az említett 2006. decemberi napfoltcsoportban is négyet, az utánuk következő mágneses viharokkal és sarkifény-aktivitással.

A 23. napciklus menetét megnézve (1. ábra) látható, hogy közepes maximum volt, 120 körüli magassággal 2000 első hónapjaiban. Meglehetősen kifejezett volt az ismert kettős szerkezet, a 2002. január körüli második maximum a 10,7 cm-es rádiósugárzás-indexben még magasabb is volt, mint az első. A minimumhoz érve elég sokan próbálkoztak a következő maximum idejének és nagyságának előrejelzésével. A több mint két tucatnyi cikk különböző módszerek és szabályszerűségek felhasználásával 50 és 169 közötti értékeket jósol a 24. napciklus maximális simított napfolt-relatívszám értékére 2010–2011-re. Az összes előrejelzés átlaga 118, ami nagyjából megfelel a most végződő ciklus nagyságának. Még mindig megnehezíti a naptevékenység előrejelzését, hogy erős benne a véletlenszerűség. A mostani jóslatok közül kiválik egy, amely komoly elméleti alapokon nyugszik. M. Dikpati és P. A. Gilman egy elméleti Nap-dinamóból indult ki, amelybe betáplálták a valóságban megfigyelt napaktivitást, a foltok mágneses fluxusát és meridionális vándorlását. Kiindulva a 12. ciklustól, a modell helyesen

adta vissza a 16–23. ciklusok magaságát, ezáltal meg lehetett határozni bizonyos szabad paramétereket. Mint minden elméletben, ebben is vannak egyszerűsítések, adott esetben a ciklusok hosszát mind egyformának vették. Az előrejelzés szerint a jelenlegi ciklus utáni minimum el fog húzódni (eddig bejött), a maximum pedig a mostani ciklus 130–150%-a lesz. Meglátjuk.

A napfizika ezredfordulós fejlődéséhez alapvetően járultak hozzá az űreszközök: Yohkoh (1990–2005), SOHO (1995-), TRACE (1998-), RHESSI (2002-). A földi légkör zavaró hatásaitól mentes, a talajszint-ről elérhetetlen hullámhosszakon végzett megfigyelések sok újat hoztak és sok esetben segítettek dönteni a versengő elméletek közt. 2006 végén két (azaz három) új űrszonda csatlakozott a már eddig is nagyon sikeres flottához, a Hinode és a Stereo. A japán Hinode (napkelte, a sikeres felbocsátás előtt Solar-B, a Yohkoh volt a Solar-A) a Nap légkörének és az abban lévő mágneses tereknek a fejlődését vizsgálja. E célból a fedélzetén található az eddig felbocsátott legnagyobb átmérőjű (50 cm-es) naptávcső (SOT = Solar Optical Telescope), melynek felbontása 0,2 (150 km a Napon). Fókuszsíkjában bonyolult szűrőrendszer és polarizációs optika teszi lehetővé a mágneses és sebességterek meghatározását mind a fotoszférában, mind a kromoszféra-ban. Kiegészítésként még egy ibolyántúli képalkotó spektrométer (EIS) és egy 1" felbontású röntgentávcső (XRT) szolgál a naplégkör magasabb rétegeinek megfigyelésére. A 900 kg tömegű műholdat 2006. szept. 22-én juttatták 600 km magasságú Nap-szinkron poláris pályára, éppen jókor, hogy megfigyelje a nov. 8-i Merkúr-átvonulást és a decemberi flereket, amelyekről eddig elérhetetlen térbeli (és nagyon jó időbeli) felbontású megfigyeléseket készített (l. 2. ábra és színes melléklet). Hasonló felbontású képek és magnetogramok néhány alkalommal készültek már a földfelszínről is, kü-



3. ábra. A leggyakrabban mutatott példa a koronahurkok kevésbé változó fényességére és vastagságára. Fent az eredeti TRACE felvétel, lent úgy módosítva, ahogyan hidrosztatikus egyensúly esetén kellene látszania az 1 millió fok hőmérsékletű napkoronában. (M. Aschwanden)

... (The text continues from the previous block, describing the Hinode mission and its instruments, and mentioning the Mercury transit and solar flares.)

lönleges képjavító eljárásokkal, hosszabb képsorozatok statisztikai feldolgozásával. A Hinode viszont most rendszeresen készíti ezeket a megfigyeléseket, akár néhány másodpercenként. A decemberi felvételekből készített mozgóképeken kiválóan követhető volt egy nagy napfolt alatt elhelyezkedő kisebb, de ellenkező mágneses polaritású folt sűrűlódó-csavarodó mozgása és felbomlása a nagy fler után.

A NASA Stereo űrszonda-párja a napkorona és koronakitörések (CME-k) térbeli szerkezetének meghatározására szolgál. Optikai megfigyelések eddig csak a Föld irányából történtek, a SOHO is a Nap-Föld egyenes közelében tartózkodik. Emiatt bár jó méréseket és statisztikákat lehetett készíteni az égbolt síkjában, azaz a Nap-Föld irányra merőlegesen terjedő koronakitörések sebességéről, de éppen a legfontosabb, a Föld felé tartó plazmafelhők sebessége nem volt meghatározható. Csak a napkorong körül szimmetrikusan táguló, ún. haló-CME jelezte, hogy felénk (vagy éppen ellentétes irányba) indult a kitörés, a SOHO részecske-detektorai jelezték, amikor odaért, de a mindössze 1,5 millió km távolság csak néhány órás előrejelzést tett lehetővé a részecskefelhő magnetoszférával való találkozása előtt. Ezen a problémán segít a két, azonos műszerezettségű Stereo űrszonda. Felbocsátásuk együtt, 2006. okt. 26-án történt, a holdpályán túlnyúló, erősen elliptikus pályára. Az ötödik apogeum elérése előtt dec. 15-én a szondákat a Hold gravitációs tere eltérítette, a Stereo-A (Advance = Előző) Nap körüli, a Földnél kissé közelebbi, azaz gyorsabb pályára került. Közvetlen a felbocsátáskor a két szonda szétvált és kissé eltérő pályára állt, ezért a Stereo-B (Behind = Hátulsó) ez alkalommal csak egy távolabbi apogeum felé indult, és 2007. jan. 21-én ismét elhaladt a Hold mellett, amely ekkor egy lassúbb Nap körüli pályára állította. Ezáltal a Stereo páros évente kb. 28 fokkal növekedő távolságra halad a Föld előtt (A) ill. mögött (B), és így oldalról tudja megfigyelni a Nap-Föld egyenest. A szokásos részecske- és mágneses detektorok mellett látható és ibolyántúli képeket készítő távcsőegyüttes (SECCHI) is található a szondák fedélzetén, a könnyebb összehasonlítás kedvéért ezek nagyjából megfelelnek a SOHO hasonló műszereinek. A különböző nézőpontokból készült képek egy-másfél napra növelik a Föld irányába induló plazmafelhők előrejelzési idejét. 2007 áprilisának végén a NASA nyilvánosságra hozta az első sztereoképeket a napkoronáról (l. színes melléklet).

Az utóbbi évek napfizikai eredményeiben kevés az újonnan felfedezett jelenség, ez inkább néhány évtizede volt jellemző, amikor a légkörön túli rövid hullámhosszú (ibolyántúli, röntgen-, gamma-) megfigyelések megindultak. Most az akkor felismert és a már régóta ismert jelenségek fizikájának egyre jobb megértése folyik, a sok rivalizáló elmélet közül a megfelelők kivá-

lasztása vagy a szabad paraméterek egyre pontosabb meghatározása. Az eredmények jobb megértéséhez nem árt feleleveníteni a Nap fizikájának legfontosabb részeit. A Nap anyagának a hőmérséklete a középpontban 15 millió fok, ami szükséges a magreakciók fenntartásához. A hőmérséklet kifelé haladva fokozatosan csökken, emiatt az energiatermelés csak a sugár kb. egytizedéig tart, innen nagyon lassan, több százezer év alatt szivárog kifelé az energia sugárzás formájában, kb. a sugár hét tizedéig. Itt a fizikai paraméterek úgy alakulnak, hogy konvektív instabilitás lép fel, ami miatt az energia már inkább anyagfeláramlás útján halad a felszín felé, ahol kisugárzódik, és a lehűlt anyag visszasüllyed. Ennek látható nyoma a felszíni granuláció. A látható felszín, a fotoszféra aljának hőmérséklete 6000 K, ez pár száz kilométeren át még csökken, így a leghidegebb részen, a fotoszféra felső határán kb. 4500 K. Az e feletti rétegek ismét melegebbek, az egyébként nagyon egyenetlen kromoszféra kb. 10 000 km vastagságban átlagosan 10 000 K hőmérsékletű, és egy nagyon vékony átmeneti réteggel a még egyenetlenebb napkoronába megy át, amely 1–2 millió fokal. Ezekon a hőmérsékleteken a gáz részlegesen vagy teljesen ionizált állapotban van, jó elektromos vezető plazma, ezért mozgását a magnetohidrodinamika (MHD) írja le.

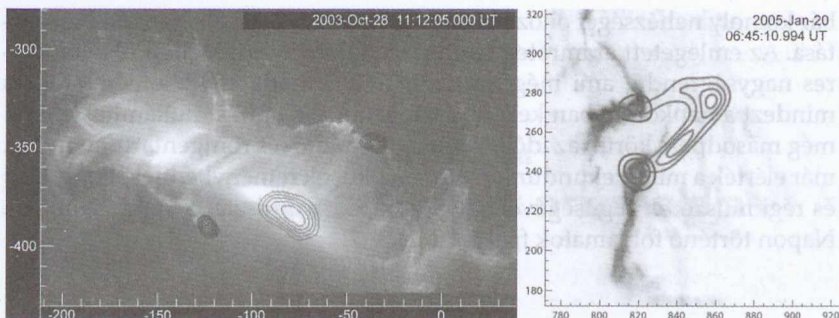
Az MHD alaptétele a befagyási tétel, amely szerint a mágneses tér az anyaghoz „van fagyva”, a mágneses erővonalakra merőleges mozgás nem lehetséges. A két résztvevő közül az szabja meg a mozgást, amelynek az energiasűrűsége nagyobb. A Napon mindkettőre van példa, a nyugodt fotoszférában a konvekciós mozgások erősebbek, így a gyenge mágneses teret összegyűrik és kisodorják a granulák közé. Ugyanakkor a napfoltokban az erős mágneses tér megállítja a konvekciós mozgásokat, emiatt kevesebb energia tud kijutni. A napfolt külső határa ott van, ahol a konvekciós mozgások és a mágneses tér energiája egyenlő. A magasabb rétegekben (kromoszféra, korona) az anyagsűrűség jóval kisebb, így a mozgások energiája is, ezért pl. a protuberanciák anyagcsomói a mágneses erővonalak láthatatlan sínjei mentén mozognak, vagy a napkorona anyaga nem tud kiszabadulni az erővonalcsövek hurkaiból, ezért kirajzolja az erővonalak alakját. A magas napkoronában, több százezer kilométerre a felszíntől, a mágneses tér erőssége lecsökken, a Nap vonzása is kicsi, a magas hőmérséklet viszont megmarad, így az ionok sugárirányban „elpárolognak”, húzva magukkal a mágneses teret: kialakul a napszél, amely még jóval a Neptunuszon túl is uralja a bolygóközi teret.

Az első űrbeli részletes napkorona-megfigyelések (Skylab, SMM) fedezték fel a koronakitöréseket (CME = Coronal Mass Ejection). Az elmúlt napciklus folyamán, a SOHO érzékeny koronográfiái végeztek megfigyeléseket,

megállapítva, hogy naptevékenységi maximum idején naponta több CME is indul, szerencsére nem mind a Föld felé. Ezek egy részét flerek indították, más részük függetlenül indult. Úgy tűnik, az ok közös, a mágneses tér szerkezetének instabilitása, amely az adott helyzettől függően indíthat CME-t vagy flert (is). A termonukleáris energia megszeliédítésén dolgozó fizikusok a megmondhatóí, hogy hányféle plazma-instabilitás léphet fel mágneses térben. Potsdami asztrofizikusok derítették ki, hogy egy, a földi „tokamak” berendezésekben könnyen kiküszöbölhető instabilitás válthat ki a Napon CME-ket, ráadásul az eddig két különböző csoportnak tartott gyorsan induló ill. később felgyorsuló CME-ket is azonos módon sikerült leírni, mindössze egy paramétert, a korona mágneses terének változását kellett figyelembe venni.

Általában az új eredmények döntő része a napkoronával és a flerekkel kapcsolatos, utóbbiaknak is a koronában lévő részeivel. A nyugodt koronával kapcsolatban régi kérdés az energiatáplálás, ami a magas hőmérsékletet okozza. Jelenleg mágneses tér mentén terjedő hullámok és a mágneses erővonalak mozgása, átkötődése közben felszabaduló energia az elfogadott magyarázat. Viszonylag újonnan felismert probléma a fényképeken látható koronahurkok állandó vastagsága és fényessége. Az egyszerű elméletek szerint ugyanis a magassággal (a mágneses tér gyengülésével párhuzamosan) a hurkoknak jelentősen ki kellene szélesedniük, másrészt a magassággal exponenciálisan csökkenő nyomás miatt a hurkoknak 23 000 km fölött láthatatlanná kellene halványulniuk. A fényképeken mindennek az ellenkezője látszik, tehát az már biztos, hogy a hurkok nincsenek hidrosztatikus egyensúlyban (3. ábra). Jobban érthetőnek bizonyultak a hurkokon terjedő hullámok, ezekből kiszámítható volt a mágneses tér erőssége és az anyagsűrűség.

A legérdekesebb eredményeket a flerekkel kapcsolatban sikerült kapni, több űreszköz (SOHO, TRACE, RHESSI) megfigyeléseinek összevetésével (4. ábra). Régóta gyanították már a napfizikusok, hogy a kromoszférában megfigyelt fler-szalagok másodlagosak, az energiefelszabadulás valahol fent, a napkoronában történik. Itt alakul ki a plazmában egy áramréteg, amelyben az elektromos vezetőképesség leromlik, ezért az áram energiája az anyag fűtésére fordítódik, a mágneses tér „kiveri a biztosítékot”. A napfoltok mágneses terének energiája így részben a korona fűtésére, részben részecskegyorsításra fordítódik. Az erővonalak mentén a kromoszférába lezúduló részecskék felhevítik annak anyagát. A mágneses térben felhalmozódott energia felszabadulása természetesen annak szerkezeti átrendeződéséhez is vezet, az áramrétegben az erővonalak átkötődnek, a szerkezet



4. ábra. Kombinált TRACE (fénykép, a jobb oldali negatív) és RHESSI (szintvonalak) megfigyelések két nagy flerről. A képek szélén a számok a napkorong középpontjától mért távolságokat jelzik főtámaszokban. A szintvonalak a keményröntgen-sugárzás erősségét jelzik. A bal oldali fler a napkorong közepén történt, így felülről látszik, míg a jobb oldali közel a napkorong pereméhez, ezért a fényes kromoszférikus szalagok irányában oldalról történt a megfigyelés. Látható a koronában magasan, a hurkok fölött közepén lévő hőmérsékleti röntgenforrás és a fényes szalagokkal egybeeső kemény, ütközési röntgensugárzás.

egyszerűsödik. Mindezt elméletben több változatban is leírták már, most jött el a sora, hogy a megfigyelések finomítsák az elméleteket.

A megfigyelésekben nagy szerepet játszanak a kis és nagy energiájú („lágy”, 10–20 keV és „kemény”, 100–300 keV) röntgentartományban végzett megfigyelések, valamint a rádióészlelések. A lágyröntgen-sugárzás hőmérsékleti eredetű, a több millió fokok korona-plazma sugárzása, a keményröntgen-sugárzás nagy energiájú részecskék sűrűbb anyagba való ütközésekor keletkezik. Az elmélet szerint a fler kezdetekor fent, magasan a napkoronában történik az erővonalak átkötődése, az energiafelszabadulás. Ez az ottani plazma felmelegedésével és besűrűsödésével jár, megjelenik egy lágyröntgenforrás. Még nem tisztázott folyamatok során az áramrétegben részecskék gyorsulnak fel, amelyek a sűrűbb kromoszférába csapódva részben kemény röntgensugárzást keltenek, részben felmelegítik azt, és megjelenik a tipikus két fényes szalag. A távolodó szalagokat egyre magasabb fényes, majd sötét hurkok kötik össze, ahogy a mágneses tér átrendeződik, egyszerűsödik, és a kromoszféra elpárolgó, forró anyaga feltölti a mágneses erővonalak kötegeit. A rádióészlelésekkel kimutatható a plazmában terjedő részecskenyalábok jellegzetes rádiósugárzása, sőt meghatározható az ottani mágneses tér erőssége is. Sikerült például kimutatni, hogy még a legkisebb flerekben is történik részecskegyorsítás, nincsenek tisztán hőmérsékleti flerek. Úgy tűnik, fokozatosan érthetővé válik a flerek fizikája,

bár komoly nehézséget okoz még a megfigyelések térbeli és időbeli felbontása. Az emlegetett áramréteg vastagsága kilométeres, esetleg 10 kilométeres nagyságrendű, ami még messze van a Hinode 150 kilométerétől, és mindezt a napkoronában kellene észrevenni. Az optikai hullámhosszakon még másodperc körüli az időbeli felbontás, rádió- és röntgentartományban már elérték a milliszekundumot. A napfizikusok reménykednek, hogy az új és régi műszerek segítségével az új napciklusban tisztább képet kapnak a Napon történő folyamatok fizikájáról.

Bebesi Zsófia

Titán – a Szaturnusz óriásholdja

Bevezetés

Bár a Szaturnusz körül keringő Titán csak egyike a gázóriás számos holdjának, számunkra mégis Naprendszerünk egyik legrendkívülbb égiteste. 5150 km-es átmérőjével nagyobb a Merkúr bolygónál, és a nemrégiben törpebolygóvá nyilvánított Plútónál, a holdak közül pedig egyedül a Ganymedes (Jupiter-hold) szárnyalja túl. De a legnagyobb különlegessége kiterjedt atmoszférája, amely a földi légkörhöz hasonlóan elsősorban nitrogénből áll. Erre akkor derült fény, amikor a Voyager-1 űrszonda 1980-ban mindössze 4000 km-es magasságban elrepült a Titán felszíne felett, és a hold árnyékán áthaladva rögzítette az atmoszférán áttűnő napfény spektrumát. Ekkor a leggyakoribb összetevőnek a molekuláris nitrogén (90–97%), a második legnagyobb koncentrációjú elemnek pedig a metán (2–4%) bizonyult (Coustenis et al., 1989). A Voyager-1 infravörös spektrométere nyomokban észlelte a Titánon az etán, a propán, az acetilén, valamint egyéb szerves vegyületek jelenlétét is. A hold légkörének magas nitrogéntartalma és általánosságban a szerves vegyületek nagy koncentrációja miatt a Titán kémiai szempontból leginkább a korai Földhöz, annak is az élet kialakulását megelőző állapotához hasonlíthat. Vannak azonban olyan tényezők, melyek – legalábbis napjainkban – kizárják az élet lehetőségét a Titán felszínén. Ezek egyike a hold rendkívül alacsony, átlagosan mintegy $-180\text{ }^{\circ}\text{C}$ -os felszíni hőmérséklete, a folyékony víz, valamint a szabad oxigén hiánya. A Titán felszínén a nappali órákban a Föld felszínén mérhető napsugárzási szintnek mindössze az ezred része észlelhető, egyrészt a Naptól való távolsága, másrészt pedig a holdat beborító vastag páráréteg miatt. A földi légkört jelentősen megváltoztatta az élet megjelenése. A Titán atmoszféráját tanulmányozva talán fény derülhet arra, milyen lehetett Földünk légköre a biológiai aktivitás kezdetei előtt.

A NASA (National Aeronautics and Space Administration) és az ESA (European Space Agency) által közösen létrehozott Cassini–Huygens űrmisszió keringőegysége 2004 óta folyamatosan vizsgálja a Titánt, a leszáll-

lőegység pedig 2005-ben sikerrel landolt a hold felszínén. A Cassini–Huygens szondapár megérkezése előtt a Titán felszínéről a földi távcsöves, valamint a Hubble űrteleszkóppal végzett megfigyelésektől (Coustenis et al., 1995) eltekintve nem sokat tudtunk – ezek során nagyobb kiterjedésű, magasabb albedójú területeket fedeztek fel a hold felszínén. A Cassini radarberendezése és képkalkító spektrométerei azonban már belátnak a Titán felhői alá, és fokozatosan feltérképezik a felszínt. Mostanáig arról is csak elméleteink voltak, hogy például milyen geológiai folyamatok formálják a felszínt, vagy hogy milyen lehet a hold talajának természete. A Cassini űrmisszió vizsgálatai által most számos egyéb tudományos kérdésre is választ kaphatunk – például, hogy hogyan fejlődött az atmoszféra, illetve hogy vajon milyen messzire jutottak a prebiotikus kémiai folyamatok a felszínén?

A Cassini–Huygens űrmisszió

A Cassini–Huygens űrszondapár 1997. október 15-én indult útjára az amerikai Kennedy Űrközpontból a távoli Szaturnusz és holdjai vizsgálatára. A keringőegység névadója Giovanni Domenico Cassini (1625–1712), aki a párizsi obszervatóriumban négy Szaturnusz-holdat fedezett fel, a leszállóegysége pedig a holland Christiaan Huygens (1629–1695), a Titán felfedezője. A Szaturnuszt a Cassini megelőzően három alkalommal közelítette meg űrszonda (Pioneer–11 1979. szeptember 1.; Voyager–1 1980. november 12.; Voyager–2 1981. augusztus 25.), amelyek azonban csak rövid ideig tartózkodtak a bolygó környezetében a Naprendszer peremvidékei felé tartó útjuk során.

A fellövést követően a Cassini útja a bolygóközi térben közel 7 évig tartott (ezalatt a Huygens szonda inaktív állapotban, a fedélzethez rögzítve utazott), végül 2004. július elsején pályára állt a Szaturnusz körül. A szondapár tervezésében és kivitelezésében összesen 17 nemzet kutatói vettek részt, Magyarországról a KFKI RMKI-ban a Cassini plazmaspektrométeréhez, valamint magnetométeréhez készítettek földi ellenőrző berendezéseket, és szoftvereket. A Cassini űrszonda a küldetés névleges időtartama (2004–2008) alatt 74-szer kerüli meg a Szaturnuszt, melynek során 45-ször közelíti meg a Titánt, valamint 8 alkalommal halad el kis távolságban 6 további Szaturnusz-hold mellett is. A Huygens leszállóegység 2005. január 14-én sikerrel landolt a Titán felszínén – amely egyben az emberiség történelmében a Földtől eddig legtávolabb végrehajtott irányított leszállása volt.

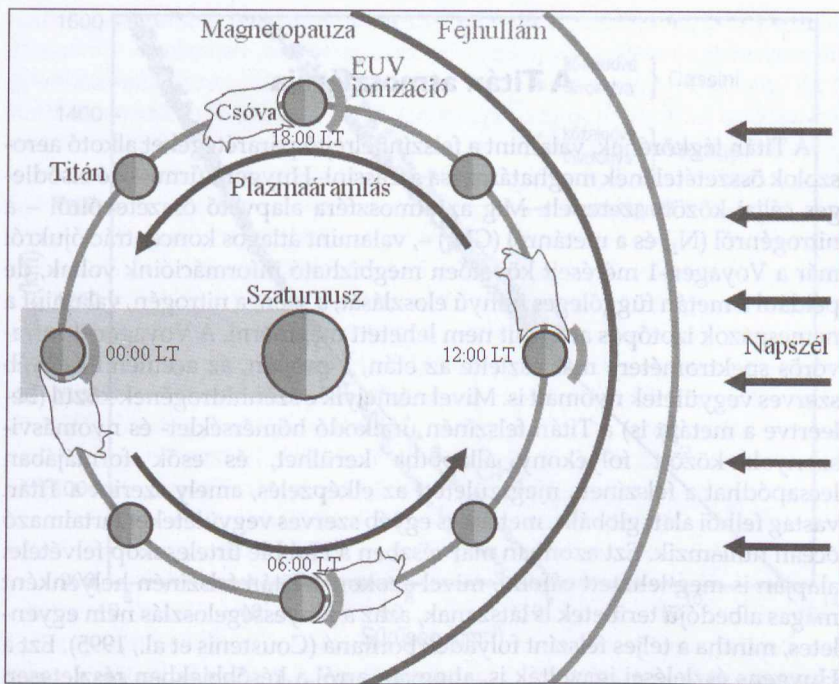
A Cassini fedélzetén 12 tudományos berendezés kapott helyet (l. a Cassini űrmisszió hivatalos honlapját a NASA-nál), melyek alapvetően távérzékelők – optikai (képalkotó tudományos alrendszer, ISS; 380–1100 nm), ultraibolya (képalkotó spektrográf, UVIS; 55–190 nm), infravörös (kompozit spektrométer, CIRS; 7–1000 μm) kamerák, és a radarberendezés, valamint a tér- és részecskedetektorok (magnetoszférikus képalkotó berendezés, MIMI; 15 keV–130 MeV; Cassini plazmaspektrométer, CAPS; 1 eV–50 keV, és az ion- és semlegesrészecske-tömegspektrométer, INMS; 0,01–100 eV). A fedélzeten mindezek mellett egy pordetektort és egy rádió- és plazmahullám-észlelő berendezést is elhelyeztek. A Huygens leszállógységnek 6 tudományos műszere volt, melyek egyike (Huygens Atmospheric Structure Instrument; HASI) a szonda ereszkedése közben mérte a Titán atmoszférájának hőmérsékletét és nyomását, egy másik berendezés a párát és a felhőket alkotó részecskéket (aeroszolak) (Aerosol Collector and Pyrolyser; ACP) vizsgálta, melyek összetételét (valamint általánosságban az atmoszféráét) a tömegspektrométer (Gas Chromatograph and Mass Spectrometer; GCMS) határozta meg. A leszállás során a képalkotó berendezés (Descent Imager and Spectral Radiometer; DISR) közel 500 felvételt készített a felszínről, melyek közül 350 sikeresen eljutott a Földre. A felszín anyagának összetételét és állagát egy külön berendezés (Surface Science Package; SSP) vizsgálta. A szélességmérő (Doppler Wind Experiment; DWE) adatai a kommunikációs csatorna hibája miatt elvesztek, azonban a vivőfrekvencia jelét a Huygens leszállása idején 6 rádióteleszkóp rögzítette, melyből a szélesség nagyrészt rekonstruálható volt (Bird et al., 2005). A Cassini–Huygens űrmisszióról további információk találhatóak a NASA és az ESA internetes oldalain (l. a referenciákat).

A Titán a Szaturnusz magnetoszférájában

A Szaturnusz és holdjainak rendszere a Naptól átlagosan 9,54 CSE távolságban kering (1 CSE = 149,6 millió km). A Titán forgási periódusa 15,95 földi nap, és a Szaturnusszal – a Föld és a Hold viszonyához hasonlóan – szinkron rotációt valósít meg (gravitációsan kötött keringés), azaz mindig ugyanazt az oldalát mutatja a bolygó felé. A Titán Szaturnusz körüli pályájának fél nagytengelye $\sim 20,25 R_s$, ahol $R_s = 60\,268$ km a Szaturnusz sugara. Tömege a Föld tömegének 45-öd része, átlagos sűrűsége pedig $1,88 \text{ g/cm}^3$, amelyből arra lehet következtetni, hogy anyagát 50%-ban szilikátok, 50%-ban pedig vízjég alkotja.

A Titán a Szaturnusz mágneses terén belül, annak is a határán kering. A Szaturnusz magnetoszférája akadályt képez a Nap felől folyamatosan „fújó” szuper-magnetoszonikus sebességű részecskeáramlat, a napszél számára. A magnetoszféra mágneses és a napszél dinamikus nyomása a magnetopauza mentén egyenlítődik ki, mely a két összetevő ingadozásaitól függően a bolygóhoz képest állandóan változtatja a helyzetét, összehúzódik, majd kitágul (Gombosi et al., 2005). A Szaturnusz (és vele együtt a mágneses tér) igen gyorsan forog – periódusa $\sim 10,75$ óra (Sanchez-Lavéga, 2005) –, ezért a magnetoszféra belsejében lévő plazma is együtt áramlik (korotál) a mágneses erővonalakkal. A Szaturnusz magnetoszférikus plazmájának elsődleges forrása a gyűrűk, a jeges holdak (Mimas, Enceladus, Tethys, Dione, Rhea) (Young et al., 2005), valamint a Titán atmoszférája. Mivel a Titánnak nincs saját (belső) mágneses tere (Backes et al., 2005), a nagyenergiájú magnetoszférikus töltött részecskék (elektronok és ionok) becsapódnak a semleges felső atmoszférába, és létrehozzák az ionoszférát. További, még az előzőnél is lényegesebb a Nap extrém ultraibolya fotonjainak ionizáló hatása. A Titán ionoszférája kölcsönhatásba lép a körülötte áramló mágnesezett közeggel (Wahlund et al., 2005), melynek következtében az áramlás felőli oldalon a mágneses erővonalak felgyűrődnek, az ellentétesen pedig az üstökösökhöz hasonló csóva jön létre. Mivel a Titánra a magnetoszférikus plazma és a Nap fotonjainak ionizáló hatása együttesen hat, a hold plazmakörnyezetének sajátosságait alapvetően befolyásolja, hogy a hold éppen a pályájának melyik szakaszán tartózkodik (1. ábra). Elméletileg nagyon magas napszélnyomás esetén, amikor a Titán a magnetoszféra orrpontja (a Naphoz legközelebb eső pont) közelében jár, esetenként a fejhullámon kívülre, a szuperszonikus napszélbe kerülhet – ezt azonban mostanáig nem figyeltük meg. Azonban ha ez bekövetkezne, akkor a Titán atmoszférájának kölcsönhatása a környező térrel a Vénusz és a Mars esetéhez válna hasonlónvá, azaz a hold Nap felőli oldalán is létrejönne egy lökéshullám.

Az atmoszféra legkülső tartományában (exoszféra) a semleges részecskék gravitációsan már nem kötöttek, ezért ballisztikus pályákon mozognak. Gyakran előfordul, hogy egy egyszeresen ionizált, nagyenergiájú magnetoszférikus ion töltést cserél egy atmoszférikus eredetű, hideg semleges atommal, és nagy energiájú semleges részecskeként távozik. A visszamaradó hideg iont a Szaturnusz mágneses tere magával ragadja (pickup folyamat) (Szego et al., 2005), és felgyorsítja a korotációs sebességre. A nagy-



1. ábra. A Titán pályája a Szaturnusz magnetoszférájában.

energiájú semleges részecskék emisszióját a Titán környezetében a Cassini MIMI berendezése méri (Mitchell et al., 2005).

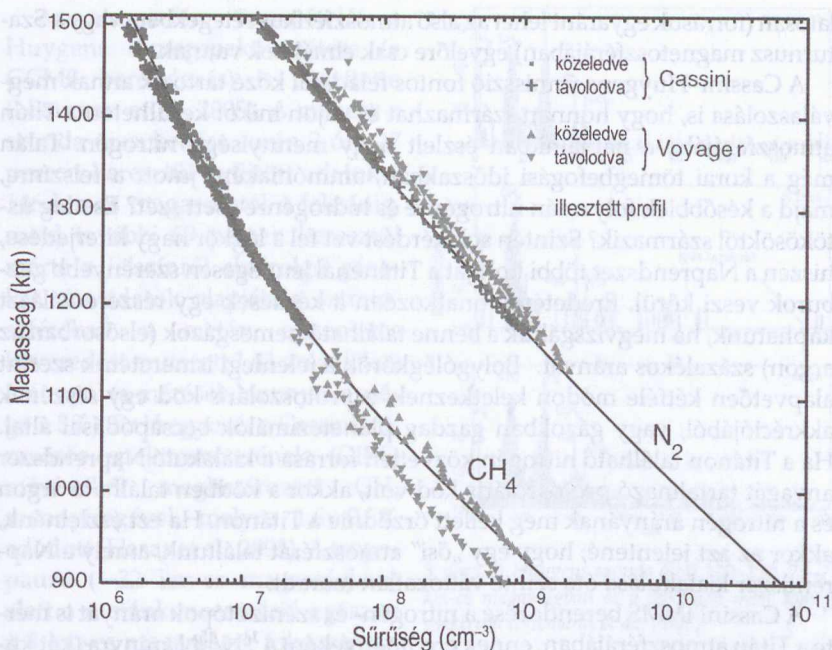
A Titán felsőlégkörét érő ionizációs hatások, a kölcsönhatásban szerepet játszó légköri és elektrodinamikai folyamatok komplex szerves kémiai reakciókat eredményeznek a Titán nitrogén és metánban gazdag atmoszférájában. Mindezek mellett azonban az atmoszferikus összetevők veszteségéhez is hozzájárulnak, melynek révén a Szaturnusz magnetoszférikus plazmájának egy újabb forrásául szolgálnak (Bird et al., 2005). Az atmoszférában zajló molekula-képződési folyamatok során keletkezett összetett szerkezetű szénhidrogének esők formájában lecsapódhatnak a felszínen. Mindezekon kívül a felszín alatti régiókban is lehetnek hasonló összetételű folyadéktartalékok, valamint időnként – főleg meteoritbecsapódások következtében – ammónia és vízgőz is a felszínre törhet.

A Titán atmoszférája

A Titán légkörének, valamint a felszín elrejtő páráritegeket alkotó aeroszolok összetételének meghatározása a Cassini–Huygens űrmisszió elsődleges céljai között szerepelt. Míg az atmoszféra alapvető összetevőiről – a nitrogénről (N_2) és a metánról (CH_4) –, valamint átlagos koncentrációjukról már a Voyager–1 méréseit követően megbízható információink voltak, de például a metán függőleges irányú eloszlását, a szén, a nitrogén, valamint a nemesgázok izotópos arányait nem lehetett megmérni. A Voyager–1 infravörös spektrométere már észlelte az etán, a propán, az acetilén és egyéb szerves vegyületek nyomait is. Mivel némelyik e szénhidrogének közül (beleértve a metánt is) a Titán felszínén uralkodó hőmérséklet- és nyomásviszonyok között folyékony állapotba kerülhet, és esők formájában lecsapódhat a felszínen, megszületett az elképzelés, amely szerint a Titán vastag felhői alatt globális, metánt és egyéb szerves vegyületeket tartalmazó óceán hullámzik. Ezt azonban már részben a Hubble űrteleszkóp felvételei alapján is meg lehetett cáfolni, mivel azokon a Titán felszínén helyenként magas albedójú területek is látszanak, azaz a fényességeloszlás nem egyenletes, mintha a teljes felszínt folyadék borítaná (Coustenis et al., 1995). Ezt a Huygens észlelései igazolták is, ahogyan arról a későbbiekben részletesen szó lesz.

A Titán atmoszférájának átlátszatlanságát a fotokémiai szmog okozza (Hunten et al., 2006), amelyet a metán reakciói során keletkező szénhidrogének (például etán, acetilén és propán) alkotnak. A metán a nitrogén széttörédezése során felszabaduló nitrogénatomokkal is kölcsönhatásba lép, és olyan nitrileket alkot, mint a hidrogén-cianid. A metán a vastag nitrogén atmoszféra fenntartása szempontjából kulcsfontosságú, mivel annak nagy része a szénhidrogén pára, valamint a H_2 – N_2 és a CH_4 – N_2 ütközések által kiváltott opacitás miatti melegedés hiányában fokozatosan kicsapódna.

A Cassini első alkalommal 2004. október 26-án repült el a Titán közelében, amelynek során a fedélzeti műszerek több hullámhossztartományban vizsgálták a hold légkörét, felszínét és plazmakörnyezetét. A Cassini INMS be rendezése a felszín fölötti 3000-tól 1174 km-ig terjedő magasságtartományban mérte az atmoszféra összetételét (Waite et al., 2005), amelynek eredményeként az elsődleges összetevők (N_2 és CH_4) mellett a kisebb százalékos arányban jelen lévő vegyületeket (H_2 , C_2H_2 , C_2H_4 , C_2H_6 , C_3H_4 , és Ar) és azok töredékeit is ki lehetett mutatni. Az atmoszféra 1174 és 1500 km között izotermikusnak mutatkozott 149 ± 3 K-es hőmérséklettel. A főbb összetevők sű-



2. ábra. A főbb összetevők sűrűsége a Titán felsőlégkörében a Cassini INMS, valamint a Voyager-1 mérései alapján (Waite et al., 2005).

rűségének magasságfüggését a Titánhoz közeledő és távolodó pályák mentén a 2. ábra mutatja, amelyen az izotermikus profilt 900 km-es magasságig kiterjesztették. Az ábráról leolvasható, hogy a Cassini észlelései szoros egyezést mutatnak a Voyager-1 infravörös spektrométerének adataival (Vervack et al., 2004), ami arra utal, hogy a felsőlégkör összetétele és hőmérsékleti eloszlása a Voyager-1 mérései óta lényegében változatlan maradt.

Az izotermikus hőmérsékletprofilra ráakódva erős hőmérsékleti perturbációkat figyeltek meg, melyek függőleges irányban terjedő oszcillációként, vagy az atmoszféra egyik belső harmonikusaként értelmezhetők. A perturbációk függőleges irányú leképezésének eredményeként egy ~10 K-es amplitúdójú, függőleges irányban 180 km-es hullámhosszal jellemezhető hullámot kapunk. Ezzel összefüggésbe hozható, hogy a légköri homogenitás felső határa (homopauza) a Titán esetében igen magasan, a felszín fölött ~1195 km-nél húzódik, ami azt jelenti, hogy az elemek turbulens keveredése az atmoszféra felsőbb tartományába is kiterjed. Ebben a folyamatban játszhatnak döntő szerepet az észlelt atmoszferikus hullámok, melyek eredetével kapcso-

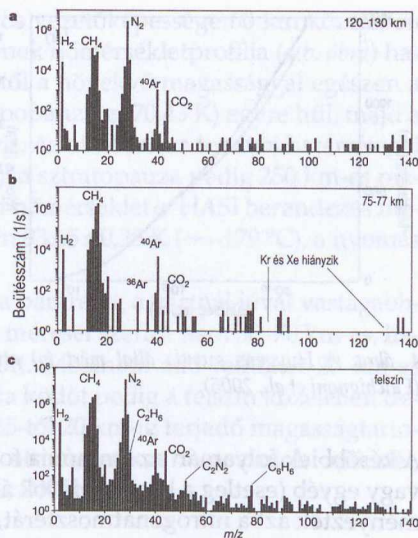
latosan (forrásuk egyaránt lehet az alsó atmoszferikus rétegekben, vagy a Szaturnusz magnetoszférájában) egyelőre csak elméletek vannak.

A Cassini–Huygens űrmisszió fontos feladatai közé tartozik annak megválaszolása is, hogy honnan származhat és vajon mikor kerülhetett a Titán atmoszférájába a napjainkban észlelt nagy mennyiségű nitrogén. Talán még a korai tömegbefogási időszakban, ammóniaként jutott a felszínre, majd a későbbiek folyamán nitrogénre és hidrogénre esett szét? Esetleg üstökösöktől származik? Szintén sok kérdést vet fel a légkör nagy kiterjedése, hiszen a Naprendszer többi holdját a Titánénál lényegesen szerényebb gázburkok veszi körül. Eredetére vonatkozóan a kérdések egy részére választ kaphatunk, ha megvizsgáljuk a benne található nemesgázok (elsősorban az argon) százalékos arányát. Bolygólégkörök a jelenlegi ismereteink szerint alapvetően kétféle módon keletkeznek: a protoszoláris köd egy részének akkréciójából, vagy gázokban gazdag planetézimálok becsapódásai által. Ha a Titánon található nitrogén közvetlen forrása a kialakuló Naprendszer anyagát tartalmazó protoszoláris köd volt, akkor a ködben található argon és a nitrogén arányának meg kellett őrződnie a Titánon. Ha ezt észlelnénk, akkor az azt jelentené, hogy egy „ősi” atmoszférát találtunk, amely a Naprendszer kialakulása óta szinte változatlan maradt.

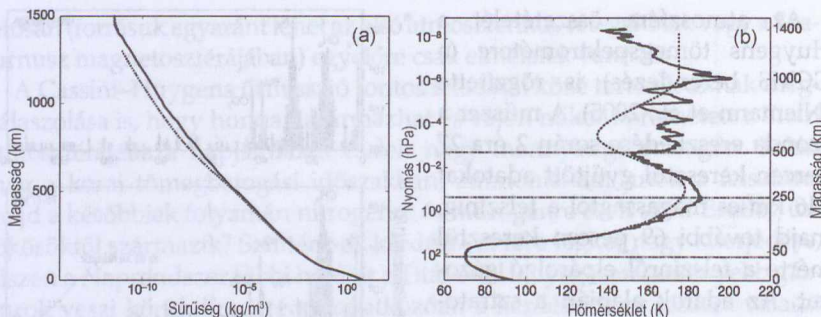
A Cassini INMS berendezése a nitrogén- és szénizotópok arányát is mérte a Titán atmoszférájában, ennek eredményeként a $^{14}\text{N}/^{15}\text{N}$ arányra (két különböző módszer alkalmazásával) két érték (172 és 215) adódott. Ezek a földi és a marsi arányok közé esnek, amely arra utal, hogy a légkör nitrogéntartalma a múltban még magasabb lehetett. A szénizotópok ($^{12}\text{C}/^{13}\text{C}$) aránya 95 ± 1 , mely kevéssel a földi érték ($89,01 \pm 0,38$) fölött van ugyan, de a Jupiter (94 ± 12) és a Szaturnusz ($89 + 25 - 18$) értékeinek hibahatárain belül. Ez azt jelentheti, hogy a Titán atmoszférájában lévő metánnak lehet egy belső forrása, amely olyan mértékben képes pótolni a folyamatosan bomló metánt, hogy a szökési folyamatok nincsenek lényeges hatással az izotóparányra. Ez egybevág a metán jelenlegi fotodisszociációjával, valamint a komplex szénhidrogének felszíni ülepedési ütemével, amelyek szorosan összefüggő folyamatok. A metán bomlásának melléktermékeként H_2 molekulák szabadulnak fel, amelyek szökési üteme $6,1 \cdot 10^9 \pm 0,2 \cdot 10^9 \text{ cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$; ez azt jelenti, hogy másodpercenként $5 \cdot 10^{27}$ metánmolekula bomlik szét (Waite et al., 2005). A folyamat eszerint irreverzibilis, és utánpótlás nélkül a számítások szerint a Titán atmoszférájából a metán mintegy 10 millió éven belül elfogy (Tobie et al., 2006). Mindezek azonban nem magyarázzák meg, hogy a $^{12}\text{C}/^{13}\text{C}$ arány a Titánon miért magasabb, mint a Földön mérhető érték. A Földön a könnyebb izotóp emelkedett mennyisége a biológiai folyamatokkal függ össze, a Titán esetében azonban más magyarázatot kell majd keresni.

Az atmoszféra összetételét a Huygens tömegspektrométere (a GCMS berendezés) is rögzítette (Niemann et al., 2005). A műszer a szonda ereszkedése során 2 óra 27 percen keresztül gyűjtött adatokat 146 km-es magasságtól a felszínig, majd további 69 percen keresztül mérte a felszínről elpárolgó gázokat. Az adatok alapján a sztratoszférában a metán egyenletes keveredést mutatott 1,41 százalékos aránnyal (a mérések bizonytalansága $\pm 5\%$). Ez jó egyezés a Cassini infravörös spektrométerének (CIRS) méréseiből meghatározott CH_4 mennyiségével, melyre $1,6 \pm 0,5\%$ adódott (Flasar et al., 2005). A tropopauza (~32 km-es magasságban) alatt a metánkoncentráció egészen a 8 km-es magasságig fokozatosan emelkedett, ahol elérte a közel 100%-os telítettségi szintet. Ebben a magasságban a metán százalékos aránya az atmoszféra többi összetevőjéhez viszonyítva 4,92% volt, amely egészen a talajszintig állandó maradt. A metánszint a felszínen szubtelített volt, és ~45%-os volt a relatív páratartalma (Tomasko et al., 2005). A GCMS mérései szerint a $^{12}\text{C}/^{13}\text{C}$ izotópos arányra $82,3 \pm 1$, a $^{14}\text{N}/^{15}\text{N}$ -re pedig 183 ± 5 adódott. A berendezés a ^{36}Ar izotópon kívül a ^{40}Ar -t is észlelte.

Az atmoszferikus összetételt a GCMS berendezés méréseinek tükrében a 3. ábra mutatja. A legfelső *a*) panelen a tömegspektrométer által 120–130 km-es magasságban (külső nyomás: ~4,2–5,6 hPa), összesen 104 (244 másodperc alatt mért) spektrum átlaga, a *b*) panelen pedig a GCMS nemesgázok vizsgálatára tervezett cellájának 75–77 km-es magasságban rögzített mérései (43, összesen 81 másodperc alatt felvett spektrum átlaga) láthatók. Ez utóbbi vizsgálat váratlan eredményt hozott, mivel a ^{36}Ar és a ^{40}Ar izotópon kívül más nemesgázt nem sikerült kimutatni. A Titán tömegének hozzávetőlegesen 50%-a vízjég, mely hatékonyan raktározza a nemesgázokat (Lunine et al. 1987; Bar-Nun et al., 1988). Az ősi nemesgázok alacsony mennyisége tehát arra utal, hogy a nitrogént minden bizonnyal inkább ammónia és egyéb nitrogéntartalmú vegyületek formájában fogta be a Titán.



3. ábra. A Huygens szonda által 120–130, 75–77 km-es magasságban és a felszínen mért tömegspektrum (Niemann et al., 2005).



4. ábra. A Huygens sonda által mért (a) atmoszferikus sűrűség- és (b) hőmérsékletprofil (Fulchignoni et al., 2005).

A későbbiek folyamán az ammónia forró ősatmoszférában zajló fotolitikus, vagy egyéb (esetleg a becsapódások által indukált) kémiai folyamatai eredményezték azt a nitrogénatmoszférát, amelyet ma észlelünk a Titánon.

A felszín elérését követően a GCMS berendezés kismértékben felmelegítette a környezetét, s ennek következtében a sonda közelében a metán koncentrációja 40%-kal megnövekedett, a nitrogén koncentrációja azonban állandó maradt. Mindez valószínűsíti, hogy a felszín anyagával elkeveredve esetleg folyékony metán lehetett a sonda közelében. A mesterségesen előidézett jelenség azonban valamelyest rávilágított a metánnak a Titán geológiai és légköri folyamataiban (felhő- és csapadékképzés) betöltött alapvető szerepére, melyről a későbbiekben esik majd szó részletesebben. A felszínen mért tömegspektrum a 3. ábra legalsó c) panelén látható, ahol a légkör más tartományjaiban is domináns (nitrogén- és metán-) csúcsok mellett az összetettebb szerves vegyületek (cián, benzén, szén-dioxid) beütésszámai is megjelentek.

A leszállóegység fontos feladata volt a légkör teljes hőmérséklet- és sűrűségprofiljának meghatározása, mely korábban nem volt lehetséges. A Huygens atmoszferikus szerkezetvizsgáló berendezése (Huygens Atmospheric Structure Instrument; HASI) (Fulchignoni et al., 2005) a sonda ereszkedése során (1400 km-es magasságtól kezdve) folyamatosan mérte a környező hőmérsékletet és sűrűséget egészen a Titán felszínéig. A 4.a ábrán a sűrűség magasságfüggése látható, melyen a szaggatott vonal a Voyager-1 méréseire alapozott modellszámítás eredménye – ezzel a HASI mérései jó egyezést mutatnak. Az atmoszféra felső rétegeiben mind a hőmérséklet-, mind a sűrűségértékek a várakozásoknál magasabbnak bizonyultak. A műszer 140 és 40 km-es magasság között egy alsó ionoszférikus

réteget is észlelt, amelynek elektromos vezetőképessége 60 km közelében érte el a maximumát. A Titán légkörének hőmérsékletprofilja (4. b. ábra) hasonló a Földéhez: a melegebb felszíntől a növekvő magassággal egészen a (44 km-es magasságban található) tropopauzáig (70,43 K) egyre hűl, majd a sztratoszférában ismét melegedni kezd. Az atmoszféra további határrejtégei közül a mezopauza 490 km-es (152 K), a sztratopauza pedig 250 km-es magasságban (186 K) húzódott. A felszíni hőmérséklet a HASI berendezés mérései alapján a Huygens leszállóhelyén $93,65 \pm 0,25$ K (~ -179 °C), a nyomás pedig 1467 ± 1 hPa volt.

További érdekes eredmény, hogy a páráréteg a vártnál jóval vastagabbnak bizonyult, alsó határa a Huygens mérései szerint nem 50–70 km-es, hanem 30 km-es magasságban húzódott. Metánból álló felhőket 20 km-es magasságban, metán vagy etán alkotta ködöt pedig a felszín közelében detektáltak a műszerek. A Huygens a 125-től 20 km-ig terjedő magasságtartományban ugyancsak vizsgálta az atmoszferikus aeroszolkok méretét, szerkezetét és összetételét (Israel et al., 2005).

A Titán felszíne

A Voyager űrszondák kamerái nem „láttak” be a Titán vastag párárétege alá, mindössze a szinte homogén, narancsszínű atmoszférát örökítették meg. A Cassini űrszonda jobb felbontású, szélesebb spektrális tartományokban érzékeny műszereivel azonban a Titán felszínének nagy része feltérképezhető (lásd a színes mellékletben). A Cassini infravörös felvételein kirajzolódnak ugyan a felszín nagyobb léptékű alakzatai, a valódi részletekre, az aktív geológiai folyamatokra azonban a radarberendezés észlelései révén derülhet fény. Mindazonáltal a felszín valódi természetére vonatkozó legfontosabb, leginkább informatív eredmények a Huygens leszállóegységtől származnak.

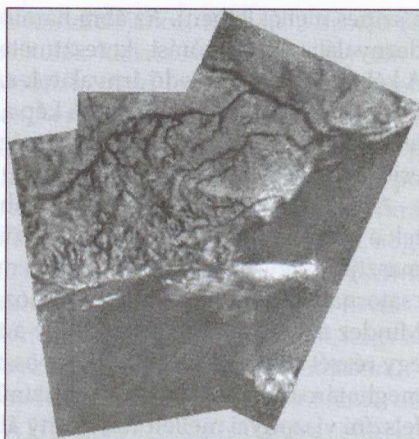
A szilárd felszínnel bíró égitestek esetében alapvetően háromféle felszínformáló folyamatot ismerünk: a becsapódásokból fakadó kráterezést, a vulkanikus aktivitást és a tektonikát. A talaj további eróziója akkor lép fel, ha az égitestnek légköre is van. A felszín tanulmányozva kideríthető, hogy az hogyan fejlődött, mikor szilárdult meg, hogy közben milyen geológiai folyamatok zajlottak, valamint hogy milyen az atmoszféra és a felszín közötti kölcsönhatás természete. A kráterezettségi statisztikákból a felszín korát is meg lehet állapítani. A becsapódások száma a Naprendszer korai korszakaiban volt a legnagyobb, ezért minél több krátert észlelünk, annál öregebbnek kell lennie a felszínnek. Egy sűrűn kráterezett égitest felszíne, amelyen a be-

csapódások nyomai az idők során lényegében nem módosultak, igen öreg lehet, ami azt mutatja, hogy a geológiai folyamatok hatása az idők során minimális volt. Jó példa erre a Jupiter Callisto nevű holdja. A földi krátereket az idők során elmosták az eróziós és a tektonikus erők. A Jupiter körül keringő Io hold becsapódási krátereinek nyomait az aktív vulkanizmus fedte el, a fiatal tájat vulkanikus alakzatok uralják. Vajon a Titán ennek a skálának melyik szakaszán foglal helyet?

A Cassini radarberendezése a küldetés időtartama alatt a Titán felszínének több mint 25%-át térképezi fel nagy pontossággal. A radarfelvételen látszanak ugyan kráterek a felszínen, de ezek többnyire degradált, elmosódott alakzatok (Elachi et al., 2005). A ~20 km-nél kisebb krátereket létrehozó objektumokat a Titán jelenlegi atmoszférája nem engedi át (Engel et al., 1995; Lunine et al., 1987). A Szaturnusz többi nagyobb holdján egy 10^6 km²-es felületen tipikusan 200–400 darab 20 km-esnél nagyobb kráter található (Lorenz, 1997); a Titán felszínén ezért – ha ősi felület lenne – 100–200 krátert kellene észlelnünk. Mivel friss kráterek nincsenek, a felszín visszapótlásának üteme valószínűleg sokkal gyorsabb, mint a becsapódásokból fakadó kráterezési ütem. Mindezekből arra lehet következtetni, hogy a Titán felszíne geológiailag igen fiatal. A kráterek erózióját a sztratoszférában zajló fotokémiai folyamatok során létrejött vegyületek leülepedése, a felszínen fújó szelek, a tektonikus folyamatok, illetve a kriovulkanizmus is okozhatja. A felszín radarszórási és dielektromos sajátosságai a laboratóriumi porózus jéggel, vagy szerves anyagokkal mutatnak egyezést.

Már a radarberendezés és a Cassini távérzékelőinek felvételei alapján is nyilvánvalóvá vált, hogy a Titán felszínét nem borítja nagyobb kiterjedésű, folyékony halmazállapotú anyag. Azonban számos jelét figyelhetjük meg, hogy a felszínen mégis zajlik folyadékáramlás. A Huygens szonda az ereszkedés során látványos felvételeket készített a felszínről, amelyek alátámasztják a radarberendezés észleléseit, azaz hogy a felszínen eróziós folyamatok játszódnak le. Az egyik, néhány km-es magasságban készült felvételen például a földi folyóvölgyekhez hasonló csatornák láthatók (5. ábra) néhány km-es magasságból, melyeket a fenéken lerakódott üledék sötét anyaga rajzol ki (Tomasko et al., 2005). A folyadék feltehetőleg folyékony metán, vagy etán lehet, mely minden bizonnyal csapadék formájában éri el a felszínt. Ott a földi folyókhoz hasonlatos módon medreket váj a talajba, és az alacsonyabban fekvő területek felé áramlik (a felvételen a világosabb színnek a magasabban, a sötétebbek pedig az alacsonyabban fekvő területeket jelzik). A kép alsó részén elterülő sötét régió színét a lerakódott üledéknek köszönheti, és egyfajta tómeder szerepét tölti be.

A Huygens leszállóegység 2005. január 14-én, közép-európai idő szerint 13:45-kor, 4,5 m/s sebességgel érte el a Titán felszínét az egyik sötét felszínű területen (mederben). A talajt legelőször érintő, a szondából kinyúló, érzékelőfej (penetrométer) elsőként egy keményebb rétegbe ütközött, majd 10–15 cm-nyire besüppedt a Titán fagyott kérge alatt húzódó puhább anyagba (Zarnecki et al., 2005). Az alsó lazább szerkezetű talajréteg állaga leginkább a nedves homokéhoz, vagy az agyagéhoz hasonlított. A felszín összetételét elemző spektrométer mérései szerint a talajt víz- és szénhidrogén-jég keveréke alkotja.



5. ábra. A Titán egyik folyójának „torkolatvidékét” ábrázoló mozaikfelvétel. Forrás: NASA.

A Huygens leszállóhelyét néhány centiméteres, kerek, vagy lapos kavicszerű jégdarabok borították, melyek alakja a folyami kavicsokéra emlékeztet, vagyis aktív eróziós folyamatokra utal. Mindezek – beleértve az előző fejezetben említett, a talaj felmelegítését követően észlelt fokozott metánkipárolgást is – a Titán atmoszférájának talán legfontosabb folyamataira, a felhő- és csapadékképzés mikéntjére világítanak rá, melyben a metán a földi légkörben lévő vízgőzéhez hasonló szerepet játszik. Azt egyelőre nem tudjuk megállapítani, hogy a csapadék milyen intenzitással és milyen ütemben hullik a hold felszínére; ezekre a kérdésekre talán a Cassini űrszonda további mérései adhatnak részbeni választ. Arra azonban fény derült, hogy egy számunkra látszólag idegen világon, egy távoli hold atmoszférájában és felszínén – a részt vevő anyagok, valamint a környezet néhány fizikai paraméterének eltérésétől eltekintve – a földiekhez mennyire hasonló folyamatok játszódhatnak le.

A Huygens szonda tehát észlelt ugyan folyadék körforgására, talaj menti erózióra utaló jeleket, de valódi folyadékfelszínét nem sikerült megpillantania. Az igazi bizonyíték azonban nem váratott magára sokáig, ugyanis 2006. július 22-én a Cassini radarberendezése szabálytalan alakú, sima felszínű, sötét foltokat észlelt a hold északi pólusának közelében (Stofan et al., 2007), amelyek nagy valószínűséggel a keresett szénhidrogéntavak lehettek (lásd

a színes mellékletben). Az ábra hamis színezésű, melyen az intenzitás a radarnyaláb visszaszórási keresztmetszetének a logaritmusával arányos. A kéktől feketéig terjedő árnyalatok az alacsony, a sárgásbarna pedig a magas szórású felületeket jelölik. A kép a teljes radarfelvételen csak egy részlete, a középpontja az északi szélesség 80. és a nyugati hosszúság 35. fokára esik, a legkisebb részletek pedig ~500 méteresek.

A radarfelvételeken általában az ábrán láthatókhhoz hasonló sötét területek a nagyon sima felszínnek jellemzői. Folyadék természetüket az is alátámasztja, hogy helyenként a Huygens korábbi felvételein már megfigyelt csatornák vezetnek az alakzatokhoz, illetve esetenként összekötik őket. Mindez azt is jelenti egyben, hogy a tavakat képező folyadéknak legalább egy részét folyók táplálják. Bár az összetételt a radarmérésekből nem lehet meghatározni, a metán a legvalószínűbb jelölt (Sotin, 2007), hiszen a Titán felszíni viszonyai mellett folyékony állapotba kerülhet.

A Titán időjárásának évszakos változásai a Szaturnusz Nap körüli, 29,5 éves periódusú keringésével összhangban. A tavakat a Titán északi félgömbjének magas szélességein figyelték meg, tehát azok valószínűleg a tél folyamán kiterjednek (a hold északi félgömbjén jelenleg tél van), nyáron pedig a fokozott párolgás következtében összehúzódnak. A Titán atmoszférájában lejátszódó folyadékkörforgást tehát a következőképpen foglalhatjuk össze: első lépésben elpárolog a folyékony metán, ezt követően a pára kondenzálódik, végül esők formájában visszapótolja a felszíni folyadékot. Egy másik elgondolás szerint a tavak anyaga a Titán felszíne alatt húzódó, folyékony metánrétegből származhat. A földi tavak morfológiájával összehasonlítva a mélyedések alakja becsapódási kráterekre, vagy a földi karsztos felszínre jellemző, esővíz vájta mélyedésekre emlékeztet. A fentieket az is alátámasztja, hogy a Titán pólusainak környezetében nemrégiben hatalmas felhőkomplexumokat észleltek (Griffith et al., 2006), amelyek a csapadék egyértelmű forrásául szolgálhatnak (l. még a JPL Cassini-honlapját).

Összefoglalás

A Cassini–Huygens űrmisszió két szondája 2004 óta nagy mennyiségű új információval gazdagította tudásunkat a Szaturnusz legnagyobb holdjáról, a Titánról. A Titán az általunk ismert egyetlen olyan égitest, amelynek a Földhöz hasonlóan kiterjedt, elsősorban nitrogénből álló atmoszférája van. A Titán a Szaturnusz magnetoszférájában, annak is a határához (magnetopauza) közel kering, és mivel nincs saját mágneses tere, a Nap ultraibolya fotonjai mellett a magnetoszféra nagyenergiájú töltött részecskéi is hozzájá-

rulnak az atmoszféra felső rétegeinek ionizációjához. Ezek az összetett folyamatok bonyolultabb szerves molekulák kialakulását eredményezik a Titán légkörében, melyek kondenzálódnak, majd lerakódnak a felszínen. A Cassini plazmavizsgáló műszereinek, képpalkotó spektrométereinek, valamint a Huygens leszállóegység tömegspektrométerének méréseiből a légkör domináns összetevői (N_2 , CH_4) mellett a kisebb koncentrációjú komponensek, az egyes elemek izotóparányai, valamint a nemesgázok koncentrációi is meghatározhatók voltak. A mérésekből arra következtethetünk, hogy a Titán atmoszférája hajdan sokkal sűrűbb lehetett, és a nitrogén valószínűleg ammónia, vagy más nitrogéntartalmú vegyületek formájában került a hold felszínére. Az alacsony felszíni hőmérséklet ($-180^\circ C$) arra utal, hogy az üvegházhatás nem játszik komolyabb szerepet a Titán atmoszférájában.

A Titán felszíne a Cassini radarberendezésének mérései szerint fiatal, néhány nagyobb becsapódási kráterrel. A Huygens szonda leszállása során készített felvételeken folyómedrek, partvonalak láthatók, melyek sötétebb színüket a lerakódott anyagoknak (szénhidrogéneknek) köszönhetik. A metán a földi légkörben található vízgőzével analóg szerepet játszik, mivel a Titán felszínén uralkodó hőmérséklet és nyomásviszonyok között folyékony állapotba kerülhet. A Titán tavaira végül a Cassini radarberendezése talált rá a hold északi pólusának közelében, másfél évvel a Huygens landolása után. Földünkkel összehasonlítva tehát folyékony víz és vízgőz helyett tehát metán, szilikátokat tartalmazó sziklák helyett pedig kőkeményre fagyott, piszkos vízjég alkotta tömbök és kavicsok találhatóak a Titánon. Por helyett szénhidrogén részecskék szállnak és rakódnak le az atmoszférából a felszínre, láva helyett pedig a titáni vulkánok jeget ürítenek a felszínre.

A Cassini és a Huygens szondák adatainak feldolgozása még évekig eltart. Azonban a kutatók máris újabb kérdéseket fogalmaznak meg egy esetleges következő leszállóegység számára. Vajon milyen gyakorisággal hullik csapadék a Titán felszínén? Van-e esős évszak? Mi lehet a metán utánpótlásának forrása az atmoszférában? Azt azonban egyre inkább kezdjük megérteni, hogy a Titán felhőrendszere alatt egy számunkra nem is annyira idegen világ húzódik...

Irodalomjegyzék

- Backes, H. et al., (2005) *Science* 308, 992
- Bar-Nun, A. et al., (1988) *Phys. Rev. B.* 38, 7749
- Bird, M. K. et al., (2005) *Nature* 438, 800
- Coustenis, A. et al., (1989) *Icarus* 80, 54
- Coustenis, A. et al., (1995) *Icarus* 118, 87
- Elachi, C. et al., (2005) *Science* 308, 970

- Engel, S. et al., (1995) *Planet. Space Sci.* 43, 1059
- Flasar, F. M. et al., (2005) *Science* 308, 975
- Fulchignoni, M. et al., (2005) *Nature* 438, 785
- Griffith, C. A. et al., (2006) *Science* 313, 1620
- Gombosi, T. I. et al., (2005) *Science* 307, 1224
- Hunten, D. M. et al., (2006) *Nature* 443, 669
- Israel, G. et al., (2005) *Nature* 438, 796
- Lorenz, R. D., (1997) *Planet. Space Sci.* 45, 1009
- Lunine, J. I. et al., (1987) *Icarus* 70, 61
- Mitchell, D. G. et al., (2005) *Science* 308, 989
- Niemann, H. B. et al., (2005) *Nature* 438, 779
- Sanchez-Lavéga, A., (2005) *Science* 307, 1223
- Shemansky, D. E. et al., (2005)
- Sotin, C., (2007) *Nature* 445, 29
- Stofan, E. R. et al., (2007) *Nature* 445, 61
- Szegő, K. et al., (2005) *Geophys. Res. Letters* 32, L20S05
- Tobie, G. et al., (2006) *Nature* 440, 61
- Tomasko, M.G. et al., (2005) *Nature* 438, 765
- Vervack, J.R. et al., (2004) *Icarus* 170, 91
- Waite, J. H. et al., (2005) *Science* 308, 982
- Wahlund, J. -E. et al., (2005) *Science* 308, 986
- Young, D.T. et al., (2005) *Science* 307, 1262
- Zarnecki, J. C. et al., (2005) *Nature* 438, 792
- A Cassini űrmisszió hivatalos weboldala a NASA-nál:
<http://saturn.jpl.nasa.gov>
- A Cassini-Huygens szondapár hivatalos weboldala az ESA-nál:
<http://www.esa.int/SPECIALS/Cassini-Huygens/>

Tóth Imre

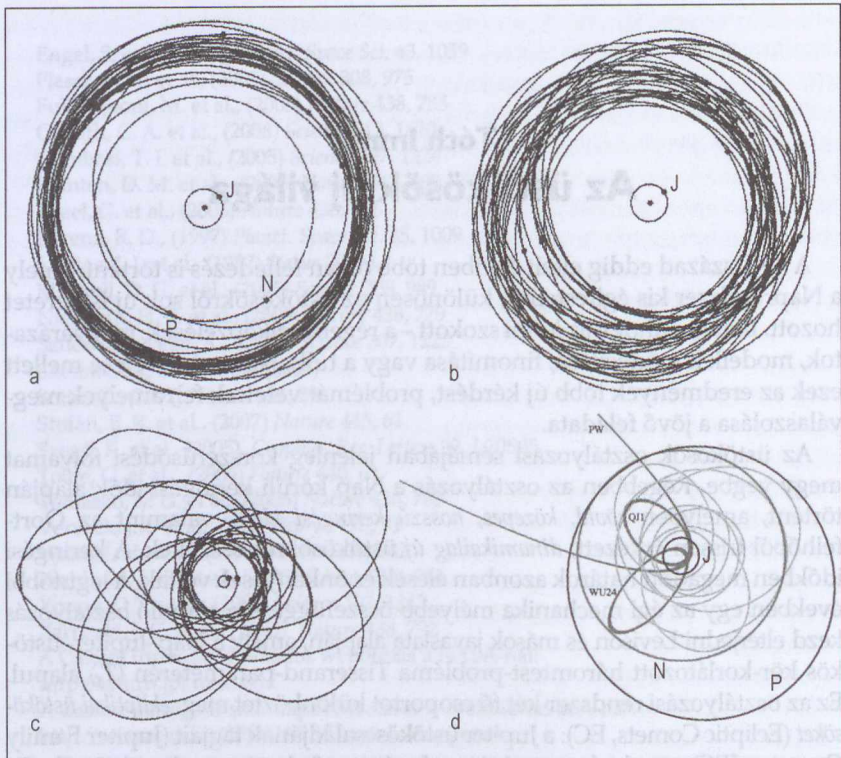
Az üstökösök új világa

A XXI. század eddig eltelt éveiben több olyan felfedezés is történt, amely a Naprendszer kis égitestéről, különösen az üstökösökről sok új ismeretet hozott. Illetve – ahogy az lenni szokott – a régebbi elképzelések, magyarázatok, modellek módosítása, finomítása vagy a túlhaladottak elvetése mellett ezek az eredmények több új kérdést, problémát vetettek fel, amelyek megválaszolása a jövő feladata.

Az üstökösök osztályozási sémájában jelenleg korszerűsödési folyamat megy végbe. Régebben az osztályozás a Nap körüli keringési idők alapján történt, amelyben *rövid, közepes, hosszú keringési idejű*, valamint az Oort-felhőből frissen érkezett, *dinamikailag új* üstökösökről beszéltek. A keringési időkben megadott határok azonban élesek és önkényesek voltak. A legutóbbi években egy az égi mechanika mélyebb összefüggésein alapuló osztályozás kezd elterjedni Levison és mások javaslata alapján, amely a Nap–Jupiter–üstökös kör-korlátozott háromtest-probléma Tisserand-paraméterén (T_J) alapul. Ez az osztályozási rendszer két fő csoportot különböztet meg: *ekliptikai üstökösöket* (Ecliptic Comets, EC): a Jupiter üstököscaládjának tagjait (Jupiter Family Comets, JFC), amelyek mozgására a Jupiter erős hatást gyakorol ($2 < T_J < 3$), továbbá ide sorolják még az égi mechanikailag különleges 2P/Encke-üstököst is, noha dinamikailag ($T_J = 3,03$) nem csatolt a Jupiterhez. A többiek a *közeli izotrop pályaeloszlású üstökösök* (Nearly Isotropic Comets, NIC), amelyek közel gömbszimmetrikus térrészt töltenek ki kirajzolva az Oort-féle üstökösfelhőt. Ezekre $T_J < 2$, amely retrográd pálya esetén negatív is lehet. Ez az osztály két alcsoportból áll: az Oort-felhőből *először visszatérőkből*, valamint az ismert *Halley típusúakból* (Halley Type Comets, HTC). Ma még vannak, akik a régi klasszifikációs sémát használják, de egyre inkább az imént vázolt osztályozás kezd elterjedni, és ezen írás is ezt az újabbat követi.

Az ekliptikai üstökösök eredete

Az ekliptikai üstökösöknek állandó utánpótlásuk van, tehát valahol forrásvidéküknek kell lennie a Naprendszerben. A kentaurok 1977-es, a Kuiper-övi



1. ábra. A kis égitestek jellegzetes pályái a külső Naprendszerben. a) klasszikus Kuiper-övi objektumok, b) plutinók, c) szórt korongobjektumok, d) kentaurok, damokloidok (a Jupiter, Neptunusz és Plútó pályái is feltüntetve).

objektumok (Kuiper Belt Object, KBO) 1992-es, és a szórt korongobjektumok (Scattered Disk Object, SDO) 1996-os felfedezése után bebizonyosodott Leonard (1930), Edgeworth (1949) és Kuiper (1949) feltételezése a Neptunuszon túli (transzneptun) régió objektumainak létezéséről. A kis égitestek e csoportjainak felfedezése után részletesen vizsgálták pályájuk hosszú időtartamú, milliárd évek alatt végbemenő fejlődését dinamikai élettartamukig, azaz addig a pillanatig, amíg a nagybolygók perturbáló hatására a Naptól távoli, vagy éppen túl közeli pályákra állnak; befogják őket a nagybolygók, illetve azokba ütköznek. Ezek a numerikus szimulációk megerősítették a korábbi feltételezéseket, hogy a Kuiper-övi objektum – kentaurok – ekliptikai üstökös pályaátmenetek valóban lehetségesek. Még az is kide-

rült, hogy a szórt korongobjektum – ekliptikai üstökös közvetlen átmenet is nagyon valószínű, bár valójában Kuiper-övi objektum – szórt korongobjektum – üstökös átmenetről van szó, tehát ekkor is a Kuiper-öv a forrás. A dinamikai vizsgálatokat más fizikai tulajdonságokat összehasonlító vizsgálatokkal is alá kell támasztani. Ezt a ma rendelkezésre álló megfigyelési adatok, például a kis égitestek színének, méreteloszlásának összehasonlítása, illetve az ekliptikai üstökösök és lehetséges őseik helyszíni, úrszondás tanulmányozása alapján tudjuk megtenni.

Üstökösök, kentaurok és transzneptun objektumok színe

Kérdés, hogy a kentaurok és transzneptun objektumok melyik csoportjával vagy alcsoportjával állnak szoros evolúciós kapcsolatban az ekliptikai üstökösök. A klasszikus Kuiper-övi objektumoknak dinamikai alapon két alcsoportja van Kuchner (2002) és Gomes (2003) vizsgálata alapján: a kinematikailag „forró” vagyis nagy inklinációjú, „gerjesztett” pályán mozgó (jelölésük: CKBO-HI), illetve a „hideg”, azaz kis inklinációjú pályán keringők (jelölésük: CKBO-LI). A kentaurokat színük alapján szintén két csoportra szokás osztani: a kékebbekre (Chiron típus) ill. vörösebbekre (Pholus típus). A Hubble űrtávcsővel több mint egy évtizede folyó megfigyeléseinkkel az üstökösök magjának fényét közvetlenül detektálni tudjuk az üstökös aktív, fényes kómája ellenére is, és pontos fotometriai méréseket tudunk végezni a magról. Ezekből meghatározható a mag mérete (albedója ismeretében), illetve színe, vagyis a fotometriai színindexei. Eddig több tucat ekliptikai és néhány Oort-felhővel kapcsolatos üstökös magját vizsgáltuk egy nemzetközi megfigyelési program keretében. A HST adatait kiegészítettük, földi nagy távcsövekkel végzett üstökös, kentaur és transzneptun objektum fotometriai megfigyelésekkel, és az így keletkezett hatalmas anyagot statisztikai vizsgálatoknak vetettük alá. „Szülő-gyermek” leszármazási kapcsolatot kerestünk a különböző kis égitestek között, hogy megtaláljuk az ekliptikai üstökösök legvalószínűbb őseit. Ma úgy tudjuk, hogy a kis égitestek színe lassan megváltozik a transzneptun övezetbeli vörösestől az aktív kentaurok és ekliptikai üstökösök kékebb színéig. A transzneptun régióban ugyanis hosszú idő alatt a galaktikus kozmikus sugárzás kémiai megváltoztatja a kis égitestek felszínét (a szerves anyagok speciális, sötét polimerekké alakulnak, amelyeknek vörös a színe) majd a Naphoz közelebbi pályákra kerülve a kentaur-zónában szublimációs aktivitással kékül a felszín. Ez a színindexekben szisztematikus eltolódást jelent, és ezt figyelembe vettük statisztikai vizsgálatainkban. Összehasonlítottuk a feltételezett „ős-leszármazott” párok azonos (pl. V-R, vagy B-V) színindexeinek eloszlá-

sát és a Kolmogorov–Szmirnov statisztikai próbával megbecsültük, hogy milyen valószínűséggel eredhet a két minta ugyanabból az eloszlásból. A tesztet a legkülönbözőbb lehetséges párosításokkal elvégeztük és a következő eredményeket kaptuk a csökkenő valószínűség sorrendjében:

- a kentaurok legvalószínűbb ősei a plutinók, ha minden kentaurt belevesszünk a mintába és nem választjuk szét vörös és kék alcsoportra, de a kapcsolat kevésbé valószínű, ha a vörös és kék kentaurokat külön-külön hasonlítjuk össze,
- az összes kentaur – ekliptikai üstökös kapcsolat valószínű, de a kapcsolat kevésbé valószínű akkor, ha a kentaurokat vörös és kék alcsoportjakkal külön-külön vesszük figyelembe,
- szórt korongobjektum – ekliptikai üstökös,
- plutinó – ekliptikai üstökös.

Úgy tűnik, a színek statisztikai összehasonlítása és a dinamikai vizsgálatok nem mondanak ellent egymásnak. Gomes (2003) átfogó dinamikai vizsgálatai szerint ugyanis a nagy inklinációjú Kuiper-övi objektumok (CKBO-HI) és szórt korongobjektumok a Naphoz közelebb keletkeztek, és főleg a Neptunusz szórta ki őket gerjesztett pályákra. A folyamatot abban az időben a külső nagybolygók migrációja is segítette (Malhotra 1998, 2000). A kis inklinációjú Kuiper-övi objektumok (CKBO-LI) a mai helyükhöz közel alakultak ki és viszonylag stabil pályán keringenek. A plutinók középmozgás-rezonanciában vannak a Plútóval, de ennek a rezonancia-zónának vannak stabil és instabil tartományai is. A plutinók hosszú idő alatt kaotikus diffúzióval elhagyhatják a zóna instabil övezeteit, és nagy inklinációjú gerjesztett KBO- vagy kentaurpályákra is állhatnak (Morbidelli 1997). A kentaurok eredete még nem teljesen tisztázott, vagyis az, hogy SDO-k vagy inkább plutinók az őseik. Az ekliptikai üstökösök és az SDO-k kapcsolatára Duncan és Levison (1997) dinamikai vizsgálatai mutattak rá. Ezek szerint az ekliptikai és ezek zömét alkotó Jupiter-család üstököseik valóban a Kuiper-övben keletkeztek, és ma is folyamatos az utánpótlásuk a szórt korongobjektumokon vagy a kentaurokon keresztül.

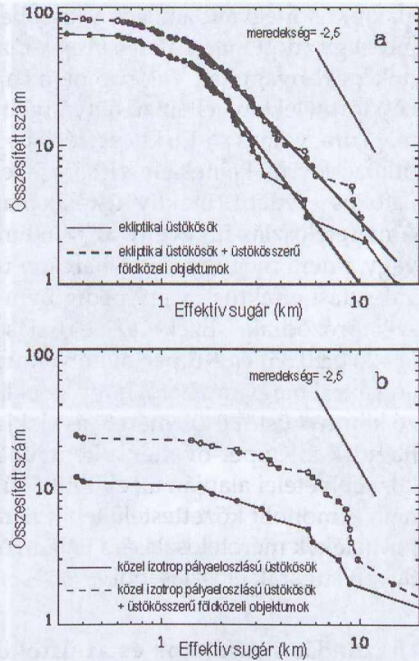
Az üstökösök méreteloszlása

Az ekliptikai üstökösök belső szerkezetét az őseiknek tartott Kuiper-övi objektumok és kentaurok szerkezetével kellene magyarázni. Ezzel kapcsolatban az első elméletek az 1990-es évek közepén láttak napvilágot. Akkor kezdett elterjedni az az elképzelés, hogy az ekliptikai üstökösök a Kuiper-öv régmúltjából

ban végbement heves ütközési folyamatok során keletkezett ütközési törmelékek (Stern, 1995, Farinella és Davis 1996). Egy másik elképzelés szerint viszont ezek az üstökösök nem ütközési eredetűek, hanem őseredeti, de kicsi (üstökös méretű) Kuiper-övi objektumok, amelyek nyugodt dinamikai körülmények között, összeállási folyamatokkal keletkeztek (Weidenschilling 1997).

A HST és az ISO űrobszervatóriumok már több mint egy évtizede folytatnak fotometriai megfigyeléseket üstökösökről, és ebben a programban a szerző is részt vesz. Pontos, nagy és homogén minta áll rendelkezésre az üstökösök méret szerinti eloszlásfüggvényére. Az űrteleszkópokkal meghatározott effektív sugarát adatokat földfelszíni nagy távcsövekkel kapott üstökösök-rádiusz adatokkal egészítettük ki.

Az üstökösök effektív sugarának statisztikus eloszlása vizsgálható a kumulatív méreteloszlásfüggvény $N(r > r_0)$ segítségével, ahol r_0 egy adott sugar, ami végigfut a sugar lehetséges értékein, N pedig az objektumok száma $r > r_0$ méret felett. A kumulatív eloszlásfüggvényt $N \sim r^{-q}$ alakban illesztjük a megfigyelésekhez: keressük a legjobban illeszthető hatványfüggvény q kitevőjét, amely utal az eloszlás lehetséges fizikai magyarázatára. Elméleti megfontolásból ugyanis ütközésekből eredő törmelékek relaxált mintájára $q=2,5$, bár az ütközési modell, amelyből ez a kitevő adódott, még csak kisbolygószerű (monolit kőzet) testek ütközésén alapult. A valóságban az üstökösökra a probléma sokkal összetettebb: ma még nem ismert a belső szerkezetük és így ütközési törmelékeik lehetséges eloszlása sem. Továbbá hosszú idő alatt az aktivitásuk miatt anyagot veszítenek, méretük és

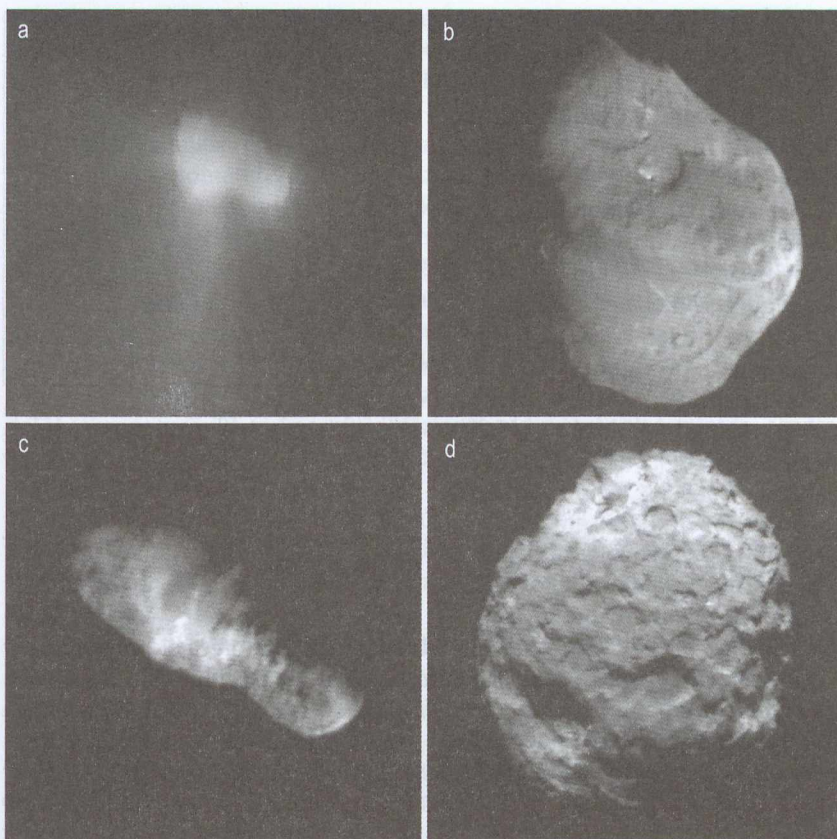


2. ábra. Az ekliptikai (EC) és Oort-felhővel kapcsolatos (NIC) üstökösök magjai effektív sugarának kumulatív eloszlása (darabszám N (üstökösök-sugár > adott sugar)). A HST-megfigyeléseken alapuló EC minta bőségesebb és statisztikailag szignifikánsabb, mint a gyér, kis elemszámú NIC minta. A bejelölt egyenes szakaszok az exponenciális függés hatványkitevőjét jelölik. A meredekség az EC-kre eltér a monolitikus testek ütközéséből keletkezett törmelékekre elvárható méreteloszlásától.

alakjuk is megváltozik, sőt a kisebbek gyorsabban lesznek még kisebbek, mert egy adott méret alatt a kisebb magok gyorsabban veszítik el szublimál-ni képes anyagukat. Valóban nem kaptuk vissza a monolitikus testek ütközési törmelékeire jellemző hatványkitevőt: az ekliptikai üstökösök nagyobb magjaira, vagyis $r > 1,6$ km esetén, $q = 1,9 \pm 0,3$, ami eltér a monolitikus testek ütközési termékeinek eloszlására jellemző értéktől, de közel áll a földközeli, üstökös eredetű, inaktív üstökösragokra adódó $q = 1,6 \pm 0,2$ kitevőhöz. A méreteloszlás-függvény az $r < 6$ km-es magok esetén még laposabb, ami vagy a nem megfigyelhető halvány üstökösragokra utal (megfigyelési kiválasztási effektus), vagy pedig nem is léteznek ilyen kis üstökösök, mert szétagrozódtak. Ezek az eloszlások nagyon eltérnek a kentaurok ($q = 2,70 \pm 0,35$) és Kuiper-övi objektumok ($q = 3,20 \pm 0,10$) méreteloszlásától, ami azzal magyarázható, hogy az ekliptikai üstökösök és a belőlük származó kihunytt üstökösök mérete és alakja nagyon megváltozott azóta, hogy elhagyták a Kuiper-övet és a kentaur régiót. Előrebocsátva: a Deep Impact közelfelvételei alapján az ekliptikai üstökösök nem ütközési törmelékek és nem is monolit kőzettestek, tehát nem is várható el, hogy az ilyen ütközési törmelékek méreteloszlására jellemző hatványkitevőt kapjuk vissza a megfigyelt sugarak eloszlásából.

Űrszondás vizsgálatok és az üstökösragok felépítése

A Whipple (1950) által az üstökösragokra már több mint fél évszázada kidolgozott „piszkos hógolyó” modellen kívül ma már valamivel pontosabb modelljeink is vannak az üstökösök közelében elrepülő és helyszíni vizsgálatokat végző űrszondák közeli képfelvételei, különösen pedig a legutóbb 2005-ös NASA Deep Impact űrkísérlet eredményeinek köszönhetően. A modellek megalkotását segítették a szétesett üstökösök magtöredékeinek megfigyelései, az üstökösökkel kapcsolatos meteorok vizsgálati, elméleti modellszámítások, laboratóriumi szimulációs kísérletek. Továbbá közvetett módon, főleg a rövid keringési idejű, sokszor megfigyelt ekliptikai üstökösök magja esetén a mag tömege, illetve méretének, alakjának ismeretében tömegsűrűségének kiszámítása is megkísérelhető, bár ezzel a módszerrel csak kevésbé pontos, tájékoztató jellegű eredmény várható. Jó volna, ha lennének kettős vagy többszörös üstökösragok ahhoz hasonlóan, ahogyan kisbolygók között is vannak gravitációsan kötött kettős rendszerek. A kettős rendszerek megfigyelésével ugyanis a komponensek tömege és az átlagos belső tömegsűrűsége meghatározható lenne. Sajnos, az üstökösök ebben a tekintetben pesszimizmusra adnak okot. Eddig nem ismerünk kettős üstökösragot, mert a szétesett üstökösök magjának töredékeire erősen hat-



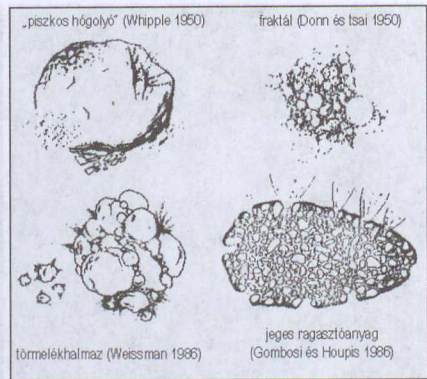
3. ábra. A helyszíni űrszondák eddig a következő üstökösök magjáról készítettek közeli képfelvételeket: a) 1P/Halley (NIC) 1986, b) 9P/Tempel-1 (EC) 2005, c) 19P/Borrelly (EC) 2001, d) 81P/Wild-2 (EC) 2004. Minden kép saját méretskálán mutatja az üstökös magot.

nak a kigázosodásból származó nemgravitációs erők, és nagyon rövid idő alatt messze eltávolodnak egymástól, így nem alakul ki kettős rendszer.

A „piszkos hógolyó” modell egy elsősorban vízjégből mint illóanyag-komponensből álló és port azzal egyenletesen elkeverve tartalmazó homogén belső kémiai- és tömegeloszlású modell. Már az 1960-as években előtérbe került az üstökös magok réteges belső szerkezetének modellje, amelyben a legbelső, a vízjégnél nagyobb sűrűségű (pl. kőzetszerű) magbelsőt egy vastag jeges-poros köpeny vesz körül, legkívül pedig egy poros-jeges kéreg van, amely helyenként nem engedi az alatta lévő köpenyből a

vízjég szublimációját. Az üstökös-aktivitást helyenként blokkoló kéreg feltételezését az üstökösök időnkénti inaktívvá, majd ismét aktívvá válásának megfigyelése indokolta. Az 1980-as évek elejéig az üstökösragokról alkotott elképzeléseink nem változhattak lényegesen, mert a Földről végzett megfigyelésekkel nem lehetett továbblépni. Hatalmas előrelépést hoztak az Oort-felhővel kapcsolatos (NIC/HTC) Halley-üstökösöt közeletről tanulmányozó „Halley Armada” (VEGA-1 és 2, Giotto, Sakigake, Suise, ICE) űrszondáinak eredményei, különösen pedig a magról képfelvételeket is készítő VEGA-1 és 2, valamint Giotto képi információi. Néhány héttel az üstökös-

kössel való közeli találkozás és képfelvételek megismerése előtt tette közzé Weissman (1986) az üstökösragok *törmelékhalmoz* („rubble-pile”) modelljét, amelyben kisebb-nagyobb tömbökből állnak össze nagyobb üstökösraggá az építőelemek. Az építőelemek mérete nagy méretskálán szór: a meteoritikus mérettől a kilométeresig, a kometezimálok az „üstököscsírák” akkor elképzelt méretéig. A darabokat főleg a tömegvonzás, illetve kisebb mértékben a kohéziós erők tartják össze. Az utóbbi erők az építőblokkoknak az ősi Naprendszerben történt kis relatív sebességű lágy ütközéseivel, összetapadásával kapcsolatosak. Bizonyos kisbolygók kialakulása magyarázható ilyen lágy ütközésekkel: például a 4769 Castalia két nagyobb testből gravitációsan és összetapadással állt össze. Az üstökösragoknál azonban nagyon sok kisebb-nagyobb építőblokk állt össze. Az űrszondák képfelvételei a Halley-üstökös magját „koromfekete földmogyorónak” mutatták, amely azt sugallta, hogy mint a földmogyoró, két közel gömb alakú összetevőből áll. A VEGA és Giotto szondák képein sok porkilövellés (jet) is látszik, ami kis kiterjedésű lokalizált aktív területeket jelent a mag felszínén. A teljes magfelszínnek mindössze 10%-a aktív. Houppis és Gombosi (1986) erre alapozva alkották meg a „jeges ragasztóanyag” modellt, amelyben az üstökösrag jeges-poros belsejében, mint „mazzsolák” helyezkednek el a poros-jeges, nagyobb sűrűségű építőblokkok. Ebben a modellben az építőblokkok kis

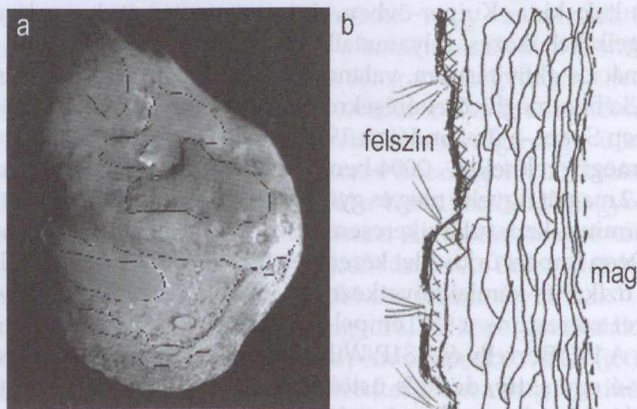


4. ábra. Az üstökösragok belső szerkezetének és felépítésének különböző modelljei a Deep Impact (2005) űrkíséret előtt: a) „piszkos hógolyó” (Whipple, 1950), b) fraktál (Dorn és mások, 1986, 1989), c) törmelékhalmoz (Weissman 1986), d) jeges ragasztóanyaggal összetartott blokkok (Houppis és Gombosi, 1986).

méretűek: 1–100 m közöttiek. A mag felszínén helyi, kis kiterjedésű aktivitási területek vannak ott, ahol nincs ilyen blokk, és a jégben gazdag anyag a felszínről könnyen szublimálhat. A Halley-üstököst vizsgáló szondák por-detektorai azonban port is kimutattak az üstökös közelében a szubmikronos szemcséktől a mikron méretűeken át a nagyobbakig, illetve a képfelvételek többméteres–kilométeres építőblokkok jelenlétét is sugallták. Mandelbrot matematikai munkái nyomán a fraktálok nagyon népszerűek lettek az 1980-as években. Ezek motiválták az üstökösök *fraktálmmodelljének* megalkotását (Donn és mások 1986, 1989). A modell kritikusan szerint a fraktálszerkezet minden méretskálán önhasonlóságot jelent, de ez valódi üstökösökra nem teljesülhet, többek között azért sem, mert a poraggregátumok és a makroszkopikus építőblokkok szerkezete sem hasonló. Az 1990-es években részletes fizikai és kémiai modelleket alkottak az üstökösök rövid és hosszú időtartamú aktivitásának leírására, a nagy naptávolságban felfedezett szublimáció (pl. Hale–Bopp) magyarázatára, de lényegében a Halley-megfigyelések után megalkotott modelleket vették alapul. A Weissman-féle törmelékhalmoz modellel például a D/Shoemaker–Levy-9 árapályerők általi szétszedése is jól modellezhető volt, és a magtöredékekből álló megfigyelt „gyöngysorral” jól egyező eredmények adódtak.

A harmadik évezred elején újabb űrszondák repültek el üstökösök közelében, de ezek a szondák már ekliptikai üstökösöket tanulmányoztak. Mivel ezek az üstökösök feltehetően hasonló körülmények között alakultak ki a Kuiper-övben, így a megfigyelt hasonlóságok és különbségeik keletkezési folyamataik kisebb-nagyobb eltéréseire, a pálya- és szublimációs aktivitásukra, valamint felszíni eróziójuk és tömegvesztésük mértékében meglévő eltérésekre engednek következtetni. 2001-ben a NASA Deep Space-1 űrszondája a 19P/Borrelly magja közelében elrepülve végzett megfigyeléseket, 2004-ben a NASA Stardust űrszondája a 81P/Wild-2 magját figyelte meg és gyűjtött be pormintát a kómán áthaladva, majd a porminta-kapszulát sikeresen visszajuttatta a Földre. 2005-ben pedig a NASA Deep Impact űrkísérlet keretében egy mesterségesen előidézett becsapódás fizikai és kémiai következményeinek elemzéséből alapvetően új ismereteket szereztünk a 9P/Tempel-1 üstökös magjának felszínhez közeli rétegéről. A 19P/Borrelly és a 81P/Wild-2 magjának összehasonlítása szerint a Borrelly-é egy aktív, de idős üstökösök, felszínén nagy kiterjedésű, a szublimációt gátló kéreggel, míg a Wild-2 magja fiatal, a kentaur régióból vagy a Kuiper-övből a Jupiter-család üstököse közé nemrégén bekerült aktív kis üstökösök. A Borrelly, Wild-2 és Tempel-1 magjának felszínén a mélyedések többsége nem becsapódási kráter (vannak ezek is), hanem

aktivitási terület. Fontos megállapítás volt, hogy a Wild-2 magját nemcsak a gravitáció tartja össze, hanem jelentős szerepe van a belső anyagi összetartó erőknél is. Ez arra utal, hogy keletkezése során az üstökös mag építőelemei lágyan ütköztek, vagyis nem rombolták szét egymást katasztrofális mértékben, de erősebben összetapadtak. Modellszámításokkal majd behatárolható lesz a keletkezési zónában jellemző ütközési sebesség, az ősi Naprendszer gáz- és porkorongjában uralkodó kinematikai és dinamikai viszonyok. Az ehhez vezető első lépés a Tempel-1 felszínének részletes tanulmányozása volt. A magon feltűnő, jellegzetes és nagy kiterjedésű domború táblahegyek vagy mélyedések, medenceszerű alakzatok vannak, amelyeket körülhatároló fal mintegy 10–100 méteres. Ezekről a Deep Impact képeivel foglalkozó kutatóknak az a meglátása, hogy a Tempel-1 magja réteges felépítésű. A közeli képfelvételeken jól kirajzolódnak azok a területek, amelyek a legkülső felszíni rétegek határait jelölik. A rétegek körülhatároltak és nem túl vastagok. Ezek a rétegek, mint „palacsinták” vagy „lepények” a mai elképzelések szerint őseredeti építőelemei a legtöbb ekliptikai üstökösnek. A modell neve: folt, rárétegződés, ráfröccsenés („Talps”, „Spalt”), vagy egymásra ránkódott rétegek („Layered pile”) modellje. Hazai gasztronómiai hasonlaltal élve ez az üstökös magok „*rakott palacsinta*” modellje, azzal a különbséggel, hogy a rétegek nem tengelyszimmetrikusan helyeződnek egymásra, hanem a középpontjukkal eltolódva, átfedéssel, mint a téglák. Ezt a hipotézist a Deep Impact tudományos csoportja alkotta meg Belton vezetésével



5. ábra. a) A 9P/Tempel-1 üstökös magjának felszíni morfológiája. A szaggatott vonalak a legkülső felszíni rétegek határait jelölik. A rétegek körülhatároltak és nem túl vastagok. b) Ezek a rétegek a mai elképzelések szerint őseredeti építőelemei a legtöbb ekliptikai üstökösnek.

2006-ban. A rétegeket alkotó elemek mérete néhányszor tíz méteres, de legfeljebb néhány száz méter. A modell igazolását csak az üstökösragok közelében hosszú ideig, részletes vizsgálatokat végző űrszondáktól várhatjuk. Például 2014–15-ben a Rosetta CONSERT kísérlete mélységi radar vizsgálataitól, vagy részletes képfelvételektől. A Deep Impact kutatói tovább is mennek a következtetésükkel: szerintük az ekliptikai üstökösök túlnyomó többségének a 9P/Tempel-1 üstökös magjához hasonló réteges szerkezete van, tehát a Tempel-1 egy típuspéldánya ezeknek a kis primitív égitesteknek. Ha ez igaz, akkor az ekliptikai üstökösök magjának réteges szerkezete kizárja, hogy Kupier-övi objektumok törmelékei legyenek, mivel nagyon lágy összeállási folyamatok lenyomatát őrzik, amelyeket eltűntettek volna az ütközések.

A 9P/Tempel-1 magjának csak az egyik oldaláról tudtak képeket készíteni a Deep Impact kamerái és nem tudjuk hogyan néz ki a teljes üstökösrag. Például a Deep Impact találkozása előtt több hónappal több erős kitörést, porkilövellést is megfigyeltek földi teleszkópokkal és a Deep Impact kameráival is. A kilövellések többsége a szonda által nem látott oldalról jött. Ezek ismeretében kérdés, hogy a Tempel-1 megfigyelt morfológiája érvényes-e a teljes magra. A másik probléma az, hogy a Tempel-1 magjának megfigyelt aktív területei nem adják ki a kómába került gáz és por nagy mennyiségét. A Deep Impact mérési adatai szerint a Tempel-1 felszíne és a becsapódás után a mélyebbről kidobott anyag is tartalmazott vizet, valamint szubmikronos–mikronos finom port. A felszínen infravörös színképelemzéssel kimutatható volt a vízjég, ami jó, mert a szublimációs aktivitás lehetséges. Ugyanakkor a vízjéggel borított felület csak nagyon kis része a mag teljes felszínének. Honnan és hogyan jön akkor ki a kómában megfigyelt nagy anyagmennyiség? Talán a nem látott és aktívabb másik oldalról? Helyesek-e az üstökösragok felszíni aktivitására vonatkozó elképzeléseink? A Tempel-1 magjára Davidsson és Gutiérrez (2006) részletes fiziko-kémiai modellel kiszámították a gáz- és porkibocsátás időbeli változásának modelljét és a nem-gravitációs erőhatásokat a mag Nap körüli keringésére és tengely körüli forgására (utóbbiak egyébként nem számottevőek a mag nagy mérete miatt). Az üstökösrag tömegére és átlagos tömegsűrűségére a megfigyelésekkel kiváló egyezést kaptak. Az aktivitás modellezésével tehát nincs nagy baj, mégsem látunk jelentős aktív területeket a Tempel-1 magján.

Az üstökösaktivitás új modellje

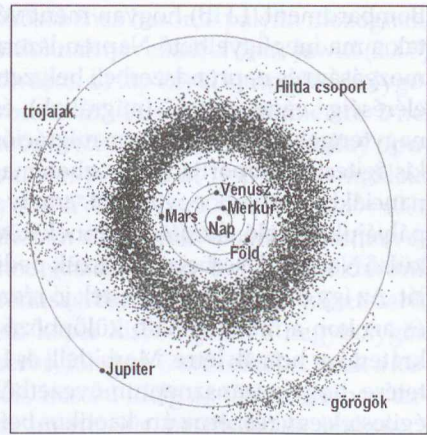
Az űrszondák közeli felvételein jól látható, hogy a kilövellések és általában az üstökösragok aktivitása bonyolult jelenség. Ezek a képek újszerű

modell megalkotására készítették Crifo, Rodionov és Szegő űrfizikusokat. A hagyományos, elfogadott modellekben a mag felszíne közelében a szublimáló anyag részecskéinek sebességeloszlását termodinamikai egyensúly feltételezésével határozták meg, de ez nem helyes. Amikor ugyanis a szublimáció során szilárd-gáz fázisátmenet történik vákuumba, vagy legalábbis igen ritka gázközegbe, a sebességeloszlás nemegyensúlyi folyamat: ez a Knudsen-áramlás. Említett kutatók ezt tárgyalták részletes, háromdimenziós, por-gáz hidrodinamikai számítási apparátus felhasználásával, az üstökösök szabálytalan alakjának figyelembevételével, szuperszámítógépek segítségével. A számítások szerint a kilövellések nem a mag lokalizált, kis aktív területeiről kiáramló kollimált (jól összetartott) gáz- és porkiáramlások, mint azt a régi elképzelések gondolták, hanem ezekhez valójában nem is kellene lokalizált aktív területek. A kilövellések tulajdonképpen a mag domborzatától függő, a felszín felett bizonyos magasságban létrejövő anyagsűrűsödések, amelyek bonyolult hidrodinamikai áramlási folyamatok és a felszín geometriájának összehatásaként alakulnak ki. Ezeket látjuk mi kilövelléseknek. Tehát nem lehet bármilyen domborzat esetén ilyeneket megfigyelni, például túl sík felület felett nem jönnek létre ilyen sűrűsödési helyek. Szemléletes hasonlattal, mint egy megnyitott vízcspából vagy locsolócsőből kiáramló víz „megcsavarodva” látszik, lokális sűrűsödést mutat, és „fénylik” egy-egy bizonyos szakaszon. A modell készítői a Halley-üstökös magjára ható nemgravitációs erőhatások időbeli változását számították ki, és a megfigyelt forgó és keringő mozgással jól egyező eredményeket kaptak. Az új modell paradigmaváltást jelenthet az üstökösök anyagiáramlási mechanizmusának magyarázatára, ha több esetben is és minden szempontból sikerül igazolni a modell helyességét. Lehet, hogy a 9P/Tempel-1 üstökös magjának „nem látható” felszíni aktivitását is ezzel a modellel lehet magyarázni?

A Jupiter trójai kisbolygói és az ekliptikai üstökösök

Vizsgáljuk tovább, hogy honnan jöhetnek még ekliptikai üstökösök! A régi elképzelés szerint a Jupiter trójai kisbolygói a Jupiter pályája közelében keletkeztek, és az óriásbolygó 1:1 középmozgás-rezonanciába befogta, majd ennek egy speciális esetét megvalósító trójai típusú pályára kényszerítette őket. A folyamatban a Naprendszer ősköde gáz- és poranyagán tömegvonzása és közegellenállása is közrejátszhatott. A bolygók kialakulása után már a gravitációs erők dominálnak a kisbolygók mozgásában, mint például a trójaiak esetében is, és emiatt a mai Naprendszerben sokkal könnyebb elhagyni a trójai kisbolygópályát, mint ilyen típu-

sú pályára stabilan rákerülni, ezért magyarázatra szorul az, hogy miért nem szöktek el a trójai kisbolygók a Naprendszer kialakulása óta eltelt 4,6 milliárd év alatt. Az égi mechanikai vizsgálatok szerint azonban vannak olyan kiterjedt tartományok a Nap–Jupiter–kisbolygó háromtest-probléma trianguláris Lagrange-pontjai környezetében (ahol a trójai kisbolygók találhatóak), amelyekben nagyon hosszú ideig, év-milliárdokig is stabilan tartózkodhatnak a kisbolygók. Naprendszerünk külső tartományaiban, túl a „hóhatáron”, a vízjég stabilan megmarad, és így akár a Jupiter trójai kisbolygói is tartalmazhatnak jelentős mennyiségű őseredeti vízjeget. Bár színképi vizsgálataikkal nem mutattak ki vizet, a távolról végzett



6. ábra. A Jupiter trójai kisbolygóinak helyzete a Nap–Jupiter–kisbolygó háromtest-probléma L4 és L5 trianguláris Lagrange-pontjai körül. A fő aszteroidaövi kisbolygók helyzetét is feltüntettük. Külön figyelmet érdemel a Hilda-csoport, amely szintén tartalmazhat üstökösszerű objektumokat.

megfigyelések csak a felszín összetételéről adnak információt, ettől még a belsejünkben jelentős mennyiségű vízjég is lehet. A trójai kisbolygók felszínének megfigyelt alacsony, néhány százalékos geometriai albedója, és színképe, elnyújtott, szabálytalan alakjuk nagyon hasonlít a Jupiter család üstököseinél megfigyeltre. Ismeretes, hogy a nagybolygók (elsősorban a Jupiter és a Szaturnusz) nemcsak a Jupiter család üstököseire, de a trójai kisbolygók mozgására is jelentős hatást gyakorolnak, bizonyos trójaiak tehát elszökhetnek. Így már égi mechanikai alapon is felvetődik, hogy az ekliptikai üstökösök egy része a Jupiter trójai kisbolygói közül kerülhet ki. A múlt században már többen is vizsgálták, hogy a Jupiter-család üstökösei lehetnek-e a pályájukról elkerült trójai kisbolygók, és azt találták, hogy legfeljebb 10%-uk lehet ilyen. 2005-ig az a nézet terjedt el, hogy az ekliptikai üstökösök túlnyomó többsége a transzneptun zónában keletkezett, és vagy közvetlenül szórt korongobjektum-pályáról került be ekliptikai üstökőpályára, vagy kentaurpályákról, de semmiképp sem trójai pályák közbeiktatásával. 2005-ben azonban a szakmai közvéleményt felrázó új elképzelés látott napvilágot a Jupiter trójai kisbolygóinak eredetéről. Morbidelli és Levison több milliárd évre visszamenő numerikus szimulációval azt vizsgálták, hogy a mintegy 3,8 milliárd évvel ezelőtt történt ún. *késői nagy bombázás* (Late Heavy

Bombardment, LHB) hogyan ment végbe, és milyen következményei voltak a ma megfigyelhető Naprendszerre, különös tekintettel a kis égitestek mozgására és naprendszerbeli helyzetükre. Az óriásbolygók a mai pályájuk eléréséig „vándoroltak” (migráltak), és ennek során elsősorban a pályájuk nagytengelye változott. Ezen migrációs mozgás során szinte „összerázták” a kis égitestek csoportjait, miközben maguk is rövid ideig meghatározó rezonanciákba kerültek egymással, amely még fokozta is a kis égitestek eredeti pályájukról való eltérítését. Ennek következtében egy részük kiszóródott a külső Naprendszerbe, más részük pedig a Naprendszer belseje felé vette útját. Az így útra kelt kis égitestek jó része a bolygókba és holdjaikba ütközött, és azokon a ma is látható különböző becsapódási formákat: medencéket, krátereket hozták létre. Morbidelli és Levison meghökkentően új következtetése, hogy a transzneptun övezetből a Naprendszer belseje felé tartó kis égitestek egy részét az ún. kaotikus befogási mechanizmussal a nagy tömegvonzású Jupiter trójai kisbolygópályára fogta be. A modell következménye az, hogy az ekliptikai üstökösöknek azon kis része, amely trójai pályákról kerül ki, belsejében transzneptun eredetű. Közben 2004-ben egy fontos megfigyelési eredmény született: Jewitt és Luu a 8 méteres Subaru teleszkóp CISCO elnevezésű infravörös spektrométere segítségével kimutatta az 50000 Quaoar spektrumában a kristályos vízjeget. Ez alapján a trójaiak belsejében is lehet vízjég, ha azok tényleg transzneptun eredetűek.

Morbidelli és Levison modelljének közzétételével egyidejűleg kétségek is felmerültek ezzel az elképzeléssel kapcsolatban. A kései nagy bombázási eseménysorozat részletes modellezését elfogadják, de a kutatók többsége nem osztja Morbidelli és Levison azon következtetését, hogy a trójai kisbolygók befogott transzneptun objektumok lennének. Nem bizonyul ugyanis elég hatékonynak a kaotikus befogási folyamat, és főleg emiatt nehéz elfogadni ezt az elképzelést.

A damokloidok

Az ekliptikai üstökösök után az Oort-felhővel kapcsolatos üstökösökre térünk át. Az 5335 Damocles (1991 DA) kisbolygó felfedezése után kiderült, hogy pályája az üstökösök pályájához hasonló elnyújtott ellipszis, és nagy szöggel hajlik az ekliptika síkjához ($e=0,867$, $i=62,10^\circ$, $a=11,834$ CSE, $q=1,573$ CSE, $Q=22,103$ CSE, $P=40,75$ év, $T_J=1,143$), ami nem emlékeztet az aszteroidák kevésbé elnyújtott és többnyire az ekliptika síkjához közeli pályájára, de az üstököspálya ellenére ez a kis égitest nem mutatott üstökösaktivitást, hanem teljesen kisbolygónak látszott. Ezután egyre több ilyen

kisbolygót fedeztek fel, amelyek üstökösökéhez hasonló pályán mozognak, és a prototípusuk neve után damokloidoknak nevezték el őket. Jewitt (2005) meghatározása alapján a damokloidok azok a Nap körül keringő kisbolygószerű égitestek, amelyek Jupiterre vonatkozó Tisserand-paramétere 2-nél kisebb, ami az Oort-felhővel kapcsolatos üstökösökre, köztük a Halley típusú üstökösök pályájára jellemző. Nevezetes például az 1996 PW damokloid ($e=0,991$, $i=29,76^\circ$, $a=287,127$ CSE, $q=2,547$ CSE, $Q=504,467$ CSE, $P=4036$ év, $T_J=1,732$), amely a belső Oort-felhőben van naptávolban! Weissman és Levison numerikus szimulációval modellezték, hogy bolygórendszerünk kialakulása idején a belső Naprendszerben keletkezett kőzetszerű, üstökösaktivitásra, szublimációra nem képes kisbolygókat a nagybolygók hogyan szórták ki a külső Naprendszerbe, főleg az Oort-felhőbe. Ezek a kisbolygók ugyanúgy, mint az üstökösök, hosszú ideig az Oort-felhőben tartózkodnak, és időnként valamilyen gravitációs perturbációs hatásra a Naprendszer belső térségei felé veszik az irányt, és damokloidként figyelhetők meg. Arra a következtetésre jutottak, hogy az Oort-felhőben az igazi üstökösök (99%) mellett mintegy 1%-nyi kőzetszerű kisbolygó is lehet. Nagyon fontos fejlemény volt a 2001 OG108 damokloid üstökösaktivitásának felfedezése, amely új megvilágításba helyezte a damokloidok mi-benlétét. Napközelsége elérése előtt 2–3 hónappal, mintegy 1,5 CSE naptávolságig teljesen kisbolygószerű megjelenése volt, de a Naphoz közeledve aztán beindult az üstökösaktivitása és a C/2001 OG108 (LONEOS) üstökösjelölést is megkapta. Úgy tűnik tehát, hogy vannak csak kisbolygószerű damokloidok is és vannak olyanok is, amelyek a pályájuk nagy részén kisbolygók, majd egyszerre csak üstökösaktivitást kezdenek mutatni, majd a Naptól távolodva ismét aszteroidákká válnak, vagyis a damokloidok között is lehetnek aszteroida–üstökös átmeneti objektumok.

Az eddigi legnagyobb, átfogó vizsgálat eredményeit Jewitt tette közzé 2005-ben a damokloidok pályájára, fizikai tulajdonságaira és eredetére vonatkozóan. Eszerint az inklinációjuk eloszlása szinte teljesen megegyezik a Halley típusú üstökösökével, és nagyon eltér a Jupiter család üstökösaitól, ez utóbbiak pályája az ekliptika síkjához közeli, míg a damokloidoké izotrop: 0° és 180° között bármekkora lehet. A geometriai albedójuk 0,02 és 0,04 közötti, mint az ekliptikai és Halley típusú üstökösöké is, ami a felszínük legnagyobb részét borító sötét, szénvegyületekben gazdag anyagra utal. Színük nem olyan vörös, mint sok Kuiper-övi objektumé vagy az onnan frissen kentaurpályára került kentauroké, mint például a Pholus színe, hanem a Halley típusú, illetve ekliptikai üstökösökéhez hasonló a színük. Spektrumuk a D típusú primitív aszteroidákénak felel meg, ilyenekhez hasonlít az üstökösök, illetve a Jupiter trójai kisbolygóinak egy része is.

A sugaruk a 2–70 km-es tartományba esik, ami a nagyobb méretű Jupiter családbeli illetve Halley típusú üstökösök magjának mérettartománya. A fotometriai megfigyelések szerint alakjuk elnyújtott és szabálytalan.

Jewitt (2005) a damokloidokat a Halley típusú üstökösök magjának kihunyásuk előtti életük utolsó szakaszának tartja. Szerinte nem arról van szó, hogy az Oort-felhőből visszatért közetszerű kisbolygók lennének, vagyis elveti Weissman és Levison korábbi javaslatát. A damokloidok tanulmányozásával tehát a Halley-féle üstökösök evolúciójának utolsó szakaszát, végállapotát ismerhetjük meg. Ma már több tucat damokloid ismert, és egyre újabbakat fedeznek fel. Eddig mindössze 12 objektumról van részletes megfigyelés, pedig napközben CCD technikát alkalmazva akár kis–közepes amatőr műszerekkel is megfigyelhetők, fénygörbék készíthetők, ha kisbolygó megjelenésük van, illetve üstökösaktivitást esetén a kóma, por- és gázcsóvák is megfigyelhetők.

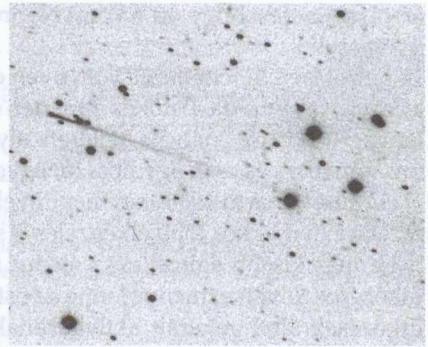
Fő kisbolygóvi üstökösök

Már régóta ismert volt, hogy bizonyos földközeli kisbolygók elnyújtott ellipszis alakú pályán időlegesen üstökösaktivitást mutatnak gáz- és por kibocsátással, majd pedig hosszú ideig ismét kisbolygószerű a viselkedésük. Ilyenekre példa a 4015 Wilson–Harrington (üstökösjelöléssel: 107P/Wilson–Harrington), amely kómát és csóvát mutatott 1949-ben majd 1992-ben, valamint a 2201 Oljato, amely főleg gázt bocsátott ki, de csak a kisbolygók között tartják számon. A földközeli Taurid–Encke komplexum egy aktív (2P/Encke) és több kihunyt üstökösöt, kisbolygót, valamint meteorrajt is tartalmaz. A külső Naprendszerben a kentaurok között például a 2060 Chiron (95P/Chiron) és a 174P/Echeclus aktív. Távolabb a Kuiper-övben és a szót korongobjektumok között is gyanítható, hogy van néhány üstökösaktivitást mutató kisebb objektum, de ma még nem ismerünk teljes bizonyossággal ilyet. Azt azonban az utóbbi évekig nem tudtuk, hogy nemcsak a földközeli kisbolygók, vagy az ekliptikai üstökösök őseiként számon tartható kentaurok és transzneptun objektumok között, hanem a fő aszteroidaövben is lehetnek üstökösaktivitást mutató kis égitestek.

Az Elst–Pizarro rejtélye

A Belga Királyi Obszervatórium (Uccle, Belgium) kisbolygó-megfigyelési programja keretében Eric Walter Elst és Guido Pizarro az Európai Déli Obszervatóriumban (ESO) folytattak megfigyeléseket 1996-ban. Guido Pizarro,

az ESO, La Silla-i megfigyelő állomásán az 1 méteres Schmidt-teleszkóppal 1996. július 14-én felvételeket készített kisbolygókról. A Vízöntő csillagkép irányában készített felvételeket a kutatási program vezetője Eric W. Elst vizsgálta át és értékelte ki 1996. augusztus 7-én, amikor is egy előre nem jelzett üstökös pillantott meg a lemezeken, amely mintegy 3 ívperc hosszúságú egyenes csóvát mutatott, a feje pedig erős kondenzációt, amelyben kóma nem is látszott. Olyannyira nem volt kóma, hogyha nem lett volna ott a hosszú, vékony, egyenes



7. ábra. A 7968 Elst–Pizarro = 133P/Elst–Pizarro (P/1996 N2) 1996-os felfedezésekor az ESO-ban készített felvételén hosszú, egyenes, keskeny porcsóva látszik, gázkóma és csóva nem.

csóva, akkor akár egy a csillagos háttér előtt elmozduló aszteroida is lehetett volna. A pontszerű mag fotografikus fényessége $17^m,1$ és $18^m,5$ között változott a felfedezést követő egy hónap folyamán. Már az első megfigyelések alapján kiszámított pálya meghökkenítő eredményt adott: a körtől alig eltérő pályán kering a Nap körül a fő kisbolygóövezetben. A pálya fél nagytengelye 3,156 CSE, excentricitása 0,165, pályahajlása az ekliptikához $1,39^\circ$. Napközben 2,636 CSE-re, naptávolban 3,677 CSE-re kerül a Naptól, és 5,6 év alatt kerüli meg központi csillagunkat. A pálya Jupiterre vonatkoztatott Tisserand-paramétere $T_J=3,16$, vagyis a Jupiterhez nem csatoltan, aszteroidapályán kering. Ezek alapján a 7968 Elst–Pizarro kisbolygó-elnevezést kapta, de mivel üstökös-megjelenést mutatott, ezért üstökösként is katalogizálták, így P/1996 N2 (Elst–Pizarro) lett a neve. Nemsokkal az 1996-os megfigyeléseket követően McNaught és Marsden kiderítették, hogy az Elst–Pizarro azonos az 1979 OW7 kisbolygóval, amelyet McNaught fedezett fel Siding Springben, és egy napon belül a Palomar-hegyi obszervatóriumban is megfigyelték (1979. július 24. és 25.), de akkor nem üstökösként mutatkozott, hanem megszokott aszteroida-megjelenése volt. Ugyanez volt a helyzet 1985. szeptember 15-én az UK Schmidt-teleszkóppal McNaught által végzett megfigyelések alkalmával is. Ezek a korábbi megfigyelések lehetővé tették a pálya pontosabb meghatározását, ezek szerint a fél nagytengely 3,047–3,220 CSE között, az excentricitás 0,119–0,191 között, a pályahajlás szinusza ($\sin i$) 0,012–0,039 között marad stabilan, ami azt jelenti, hogy az Elst–Pizarro a külső aszteroidaövezet Themis-zónájában kering. (A Themis-zóna egyébként

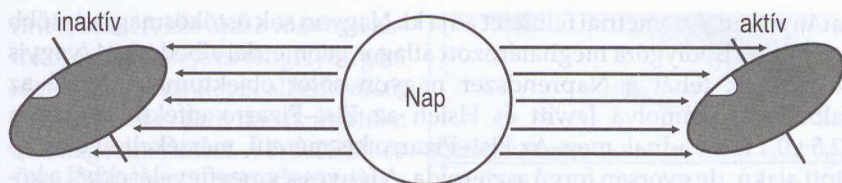
arról ismeretes, hogy ott a korai Naprendszerben igen gyakoriak voltak az ütközések.)

Ez teljesen új felfedezés volt, ilyen égitestet addig nem ismertünk. Noha akkor az aszteroida–üstökös átmeneti objektumok közé sorolták be, azoktól lényegesen eltér: pályája teljesen olyan, mint a többi kisbolygóé a Themis-zónában, és csak egy hosszú, egyenes csóvája volt kóma nélkül.

Az Elst–Pizarro 1996-ban megfigyelt üstökösszerű aktivitásának magyarázatára már akkor több elképzelés is szóba került. Felmerült, hogy a felszínebe más kisebb égitest(ek) például meteoritikus anyag csapódott, és az ütközések következménye lenne az üstökösszerű viselkedés. Az Elst–Pizarro ütközések által generált aktivitásának különböző modelljeit Boehnhardt, Lien, Sekanina és e sorok írója dolgozták ki. Az elképzelések mindegyike abból indul ki, hogy az Elst–Pizarro egy a fővben keringő kisbolygó, amely korábban nem mutatott üstökösszerű aktivitást, de egy vagy több ütközés hatására egyszerre csak egy átmeneti időszakra porcsóvát bocsátott ki. Általában az üstökösök aktív, szublimációra képes állapotának időtartama mintegy tízezer év. Ez elenyészően rövid a Naprendszer 4,6 milliárd éves korához képest, de rövid az aszteroidaövbeli 5 kilométer átmérőjű kisbolygók egymással való ütközésének mai átlagosan 1 milliárd éves gyakoriságához képest is. Az Elst–Pizarro kisbolygónak tehát valamikor az elmúlt néhány tízezer évben kellett aktívvá válnia. Tudjuk, hogy a Naprendszer régmúltjában az égitestek egymással történő ütközése sokkal gyakoribb volt, mint ma, de nagyon ritkán (mintegy milliárd évente) ma is előfordulhat a kisbolygóövben az, hogy egy kisbolygóba kisebb 1–100 méteres meteoritikus testek egyenként vagy raj formájában beleütközzenek. Az egy-egy vagy többszöri ütközés megtörténhetett a régmúltban is, de akár 1996-ban is, bár ez utóbbinak nagyon kicsi a valószínűsége. Az történhetett tehát 1996-ban az Elst–Pizarroval, hogy egy vagy több kis test még valamikor nagyon régen beleütközött és a felszín alatt megőrzött jéganyagáról lehámozta a felszíni záróréteget, és így a Nap sugárzásának közvetlenül kitéve lehetővé vált annak szublimációja és a benne őrzött poranyag felgyorsítása, a porcsóva kialakítása, ahogy az egy igazi üstökösnél is az lenni szokott. Az, hogy a szublimáció 1996-ban megfigyelhető volt, azt jelenti, hogy ez az aktív terület akkor éppen a Nap felé fordult, vagyis „évszakos”, szezonális aktivitásról lehet szó.

Egy váratlan felfedezés: az Elst–Pizarro visszatérő aktivitása

David Jewitt és PhD hallgatója Henry Hsieh, a Hawaii Egyetem kutatói a kitűnő asztroklimájú Mauna Kea Observatóriumából az Elst–Pizarro legkö-



8. ábra. A 133P/Elst–Pizarro szezonálisan ismétlődő üstökösaktivitásának magyarázata. A forgástengely a térben mindig azonos irányba mutat, amikor keringése során a felszín aktív része a Nap irányába fordul, megindulhat az aktivitás, amikor pedig a Naptól elfordul ez a felületrész, akkor nincs aktivitás (Hsieh és Jewitt, 2004).

zelebbi 2002–2003-as láthatósága idején megfigyeléseket végeztek az egyetem 2,2 méteres teleszkópjával. 2002. augusztus 19. és 2002. december 28-a között kilenc éjszaka észlelték (a kis égitest ekkor 2,86–3,06 CSE-re, távolodóban volt a Naptól, fényessége R színben $19^m,6$ és $21^m,7$ között változott) és rendkívül fontos felfedezést tettek: az Elst–Pizarronak minden CCD képen hosszú, keskeny, egyenes porcsóvája volt, azaz ismét üstökösszerű volt több hónapon keresztül. Jewitt és Hsieh tanúi lehettek az Elst–Pizarro 1996 utáni újbóli üstökösként való megjelenésének, ezzel kimutatták az Elst–Pizarro rekurrens, visszatérő üstökösszerű aktivitásának, sőt Jewitt és munkatársai 2007-ben megfigyelték az Elst–Pizarrot, amikor a várakozásoknak megfelelően ismét aktív állapotban volt a perihéliuma körül.

Az Elst–Pizarro fizikai tulajdonságait Jewitt és Hsieh 2002-es megfigyelései adják meg a legrészletesebben. CCD-vel széles sávú többszín-fotometriai méréseket végeztek standard BVRI szűrőkkel. A V és R szűrőkkel felvett fénygörbék $0^m,20 \pm 0^m,05$ amplitúdójú szabályos periodikus fényváltozást mutatnak. A kisbolygok és üstökösök periodikus fényváltozását az elnyújtott, többnyire szabálytalan alakú test tengely körüli forgása okozza. Ez alapján az Elst–Pizarro forgási periódusa $3,471 \pm 0,001$ óra. Első közelítésként a kis égitestek alakját olyan forgási ellipszoiddal modellezzük, amelynek fél nagytengelyei $a > b = c$, és a test a c tengely körül forog. Valószínűleg a forgástengely nem valamelyik speciális helyzetben van a látóirányhoz képest, azaz például nem merőleges arra, ezért tehát nem a maximális amplitúdójú fényváltozást látjuk. Mivel a forgástengely térbeli irányát nem ismerjük, ezért a fénygörbe ismeretében csupán becsülhető a fél nagytengelyek aránya, a test elnyújtottságára pedig csak alsó becslés adható: $a/b > 1,45 \pm 0,07$, tehát jelentősen eltér a gömb alaktól. A fotometriából meghatározható a forgó elnyújtott alakú test átlagos (effektív) sugara is, de a számításokban kritikus paraméter a felszín geometriai albedója, mert a fotometria csak a geometriai albedó és az effektív sugár szorzatával

arányos ún. fotometriai felületet adja ki. Nagyon sok üstökösraja és több primitív kisbolygóra meghatározott átlagos geometriai albedó 0,04 (vagyis 4%), ezek tehát a Naprendszer nagyon sötét objektumai. Ezzel az albedóval számolva Jewitt és Hsieh az Elst–Pizarro effektív sugarára $2,5 \pm 0,1$ km-t adnak meg. Az Elst–Pizarro kis méretű, mérsékelt elnyújtott alakú, de gyorsan forgó aszteroida. A fényességmegfigyelésekből a következő közepes színindexek adódtak: $B-V=0,69 \pm 0,02$, $V-R=0,42 \pm 0,03$ és $R-I=0,27 \pm 0,03$. Ezek a színek megközelítőleg a Napéhoz hasonlóak, és hasonlítanak a már ismert üstökösraja és C típusú primitív kisbolygók színéhez is.

Az Elst–Pizarro 2002-ben megfigyelt porcsóvájának hossza mintegy 450 ezer km, szélessége 200 km volt. A fényessége lassan csökkent a megfigyelések öt hónapja alatt. A Finson–Probstein-modell alapján a porcsóvát alkotó porrészecskék mérete 1–20 mikrométer közötti, a látható fényt főleg a 10 mikrométeres porszemcsék adják. A por legalább öt hónapon keresztül folyamatosan áramlott mintegy 1,5 m/s sebességgel. Jewitt és Hsieh szerint a porcsóva kialakulása megfelel a felszínen szublimáló vízjég által felgyorsított por modelljének, de ők sem figyeltek meg gázkómát. Számításaik szerint a megfigyelt pormennyiséghez a mag felszínéről mintegy 30 mg vízjégnek kell szublimálni négyzetméterenként egy másodperc alatt, ami összesen 1 g/s porkiáramlást jelent. Ehhez az Elst–Pizarro felszínén mintegy 10–100 m² aktív felület szükséges, ami végül is nagyon kis hányada az égitest felületének.

A fő aszteroidaövi üstökösök felfedezése

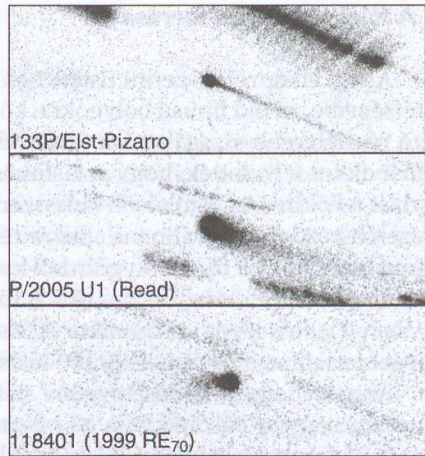
A régi mondás szerint „ahol egy van, ott több is lehet ...”. Ennek megfelelően járt el Jewitt és Hsieh, akik folytatták megfigyelőprogramjukat, hogy a kisbolygóövben további üstökösaktivitást mutató égitesteket találjanak.

2005. november 10-én a Hawaii Egyetem 2,2 m-es teleszkópjával felfedezték a Themis-zónában kisbolygópályán keringő P/2005 U1 (Read) objektum üstökösaktivitását. Magjának fényessége akkor R -ben $19^m 28 \pm 0^m 05$ volt. Az R -ben $20^m 2$ magnitúdós objektumot nem sokkal azelőtt, 2005. október 24-én Read, Bressi, Gehrels, Scotti és Christensen fedezték fel a Kitt Peak Spacewatch 0,9 méteres távcsövével Arizonában. Pályája a legelnyújtottabb a főv üstökösesei között, becsült átmérője pedig a legkisebb: 2,2 km. Alig telt el egy hónap és 2005. november 26-án Hawaii-n a 8 méteres Gemini teleszkóppal Jewitt és Hsieh felfedezte, hogy a (118401) 1999 RE70 is üstökösaktivitást mutat és szintén a Themis-zónában kering. Magjának látszó fényessége akkor $19^m 18 \pm 0^m 05$ volt R -ben, átmérője a becslések sze-

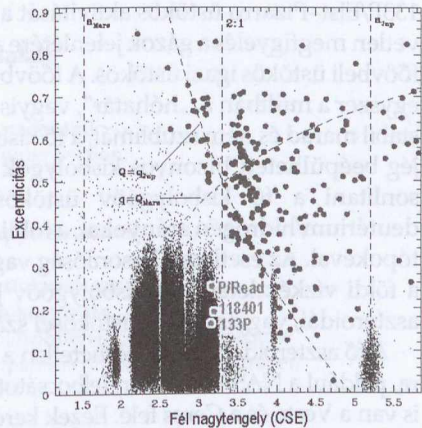
rint 4,4 km. A két újabb fővbeli üstökös fénygörbéje és tengelyforgási ideje, színe, színképe, albedójának pontos értéke, aktivitásuk mértéke ma még nem ismert. A P/2005 U1 és 1999 RE70 igazi üstökös, így tehát a 133P/Elst–Pizarro különleges objektum a fővbeli üstökösök között is, és a későbbiekben vagy ki kell mutatni a gázkómáját, vagy pedig aktivitási mechanizmusára az igazi üstökösökétől eltérő új modellt kell készíteni.

Jewitt és Hsieh becslése szerint a fő kisbolygóöv külső részén a 10 km-nél kisebb sugarú kisbolygók száma 50 ezernél nagyobb, közülük mintegy 2000 található a Themiszónában, így a potenciális fővbeli üstökösök (Main Belt Comets, MBC) száma mintegy 50–150 lehet.

A fővbeli üstökösök felfedezésével kiderült, hogy az üstökösöknek egy újabb forrásvidéke is van, és ez a fő aszteroidaöv – ki gondolta volna? A fővbeli üstökösök minden valószínűség szerint ott is lehetnek, és nem máshonnan kerültek oda, tehát őseredeti üstökösök vannak kisbolygópályán. A többi üstökösökétől eltérő kialakulási körülményeik miatt azonban más lehet a belső szerkezetük, aktivitási mechanizmusuk is. A fővbeli üstökösök a régmúltban a Naprendszer belső térségeibe – köztük a Földre is – szállíthattak vizet és szerves vegyületeket is.



9. ábra. A fő kisbolygóöv ismert üstökösei a Hawaii Egyetem 2,2 méteres teleszkópjával készült CCD felvételeken R színszűrővel: 133P/Elst–Pizarro 2002. szeptember 7-én, P/2005 U1 (Read) 2005. november 10-én, (118401) 1999 RE₇₀ 2005. december 27-én. Az Elst–Pizarro-nak csak egyenes, keskeny porcsóvája látszik, de a másik két ma ismert fővi üstökösnek gázkómája is van.



10. ábra. A fő kisbolygóöv Themiszónájának elhelyezkedése a Nap körüli pálya fél nagytengelye és excentricitása által meghatározott síkon. A ma ismert fő aszteroidaövi üstökösök helyzetét korongok jelölik.

A földi vízkészlet forrása

A régi elképzelés szerint üstökösök szállították az ősi Naprendszer belső térségeibe, a Föld típusú bolygókra, köztük a Földre is, a vizet. Erre vonatkozó részletesebb vizsgálatokat Owen és mások végeztek még 1989-ben, de már akkor felvetették, hogy az üstökösök mellett kisbolygók is szállíthattak vizet a Földre. Az üstökösök kulcsszerepét jelentő elképzelés néhány évvel ezelőtt kezdett megváltozni, amikor részletes égi mechanikai vizsgálatok kimutatták, hogy a fő kisbolygóövből kisbolygók kerülhetnek be a belső Naprendszerbe (Morbidelli és mások). A földi vízkészlet eredetének magyarázatában jelentős lépés volt, amikor 2006-ban Jewitt és Hsieh felfedezték a vízjeget tartalmazó üstökösöket a fő kisbolygóövben.

Annak, hogy a fő kisbolygóöv üstökösei pályája fél nagytengelyeinek hossza nagyon hasonló, van egy fontos következménye: mintegy 3,2 CSE naptávolságban ezeknek a kis égitestek belsejének a pályára átlagolt hőmérséklete mintegy 155 K lesz, amelyen a kristályos vízjég termodinamikailag stabil (nem megy át fázisátalakuláson), sőt perihéliumban magasabb is lehet ez a hőmérséklet, ami biztosan megvédi a kristályos vízjeget a fázisátalakulástól akár a Naprendszer életkorán keresztül is. Az 1 Ceres kisbolygó ugyan nem mutat üstökösaktivitást, de Lebofsky, illetve A'Hearn egymástól független vizsgálatokkal vízjeget mutattak ki a felszínén. Jewitt és Hsieh szerint pedig a fő aszteroidaövbeli üstökösök prototípusának tekinthető 133P/Elst-Pizarro üstökös aktivitását a vízjég szublimációja okozza. Bár közvetlen megfigyelés a gázok jelenlétére az Elst-Pizzarrónál nincs, de a másik két főövbeli üstökös igazi üstökös. A főövbeli üstökösök léte azt is jelenti, hogy ha egyszer a múltban a „hóhatár”, vagyis az a naptávolság, amelyen túl a vízjég stabil marad és nem szublimál, a fő kisbolygóövben volt, akkor az ott lévő vízjég beépülhetett bizonyos kisbolygók belsejébe is. Érdeemes lenne összehasonlítani a fő kisbolygóöv üstökösanyagának izotóparányait, főleg a deutérium/hidrogén arányokat, a földi óceánok vízében meghatározható izotópokéval. Az esetleges hasonlóság vagy jó egyezés erős érv lenne arra, hogy a földi vízkészletet a fő kisbolygóöv jelentős mennyiségű vizet tartalmazó aszteroidái, vagyis a főöv üstökösei szállították a Földre.

A fő aszteroidaöv nem elérhetetlen a helyszíni űrszondás vizsgálatok számára, például a NASA 2007-ben felbocsátott Dawn („hajnal”) űrszondája már úton is van a Vesta és a Ceres felé. Ezek keretében pedig akár anyagminta helyszíni elemzése, akár a Földre való visszahozása is elképzelhető. A NASA tervezett Comet Odyssey űrprogramjának a 22P/Kopff- vagy a 46P/Wirtanen-üstökös lesz az elsődleges célpontja, de a tervek szerint az odavezető úton a Themis-zóna valamelyik kisbolygója vagy esetleg üstököse mellett is elrepülne.

Összegzés

Az üstökösöknek több forrásvidéke is van a Naprendszerben. Az Oort-felhőből érkeznek a közel izotrop pályaeloszlásúak, a belső Oort-felhőből a Halley típusúak. Szintén a belső Oort-felhőből eredhet az ekliptikai üstökösök egy része, amelyeknek szórt korongobjektumok az őseik. A szórt korongobjektumok valójában a Kuiper-övből szóródtak ki, így a belső Oort-felhővel való kapcsolatuk csak látszólagos. Egyébként is a transz-neptun zóna és a belső Oort-felhő között folyamatos az átmenet. Tehát a transz-neptun régió, abban is eredendően a Kuiper-öv a forrásvidéke az ekliptikai üstökösök legtöbbször a szórt korongobjektumokon, valamint a kentaurokon keresztül. Ezenkívül az ekliptikai üstökösök néhány százaléka lehet, hogy a Jupiter elszökött trójai kisbolygója. Egy legújabb, nem várt felfedezés az üstökösök egy újabb típusát mutatta ki a fő kisbolygóövben, amelyek teljesen kisbolygópályákon keringenek a Nap körül, és az ekliptikai üstökösökkel való hasonlóságukat vagy különbségüket, dinamikai (égi mechanikai), illetve fizikai kapcsolatukat (a magjuk felépítését, aktivitási mechanizmusukat) ma még nem ismerjük.

Végezetül az olvasók számára is hozzáférhető irodalomból és internetes oldalakból ajánlunk válogatást.

Ajánlott irodalom és internetes oldalak

ALPO üstökös-megfigyelési oldal:

<http://www.lpl.arizona.edu/~rhill/alpo/comet.html>

BAA (British Astronomical Association) Comet Section:

<http://www.ast.cam.ac.uk/~jds/>

Both E. (2003) *Természet Világa*, 2003/1., 3

Comet Section of Germany (VdS Fachgruppe Kometen):

<http://www.fg-kometen.de/fgkhpe.htm>

MCSE üstökösfigyelési oldal: <http://ustokosok.mcse.hu/>

A havonta megjelenő *Meteor* folyóirat üstökösrovata

SOHO LASCO koronográf honlapja: <http://sohowww.nascom.nasa.gov/>

SOHO napsűrűlő üstökösök honlapja: <http://ares.nrl.navy.mil/sungrazer/>

Tóth I. (2004) *Magyar Tudomány*, 2004/6., 699

Tóth I. (2005) *Fizikai Szemle*, 2005/12., 432

Tuboly Vince (szerk. 2006) *Exploration of asteroids and comets in the beginning of the 21th century in the light of some recent results*. Hegyháti Csillagvizsgáló Alapítvány, Hegyhátsál

2006-ban ismert fő kisbolygóövi üstökösök

Objektum	Pálya fél nagytegyel a (CSE)	Pálya ex- centricitás E	Pályahaj- lás i (fok)	Tisserand- paraméter T_J	Perihélium q (CSE)	Aphélium Q (CSE)	Átmérő D (km)
133P/Elst- Pizarro (7968 Elst- Pizarro)	3.156	0.165	1.39	3.184	2.636	3.677	5.0
P/2005 U1 (Read)	3.165	0.253	1.27	3.153	2.365	3.965	2.2
(118401) 1999 RE70	3.196	0.192	0.24	3.166	2.581	3.811	4.4

Üstökösaktivitást mutató ismert objektumok a kentaur régióban 2006-ban

Objektum	a (CSE)	E	i (fok)	q (CSE)	Q (CSE)	Keringési idő (év)	T_J
29P/SW1 ¹	6.00	0.044	9.39	5.72	6.25	14.65	2.976
39P/Oterma	7.25	0.246	1.94	5.47	9.03	19.53	3.003
95P/Chiron	13.70	0.381	6.93	8.48	18.92	50.71	3.355
165P/LINEAR	18.03	0.621	15.91	6.83	29.22	76.53	3.090
166P/NEAT	13.89	0.383	15.37	8.56	19.21	51.74	3.298
167P/CINEOS	16.15	0.270	19.12	11.78	20.52	64.91	3.502
174P/Echeclus	10.77	0.456	4.33	5.86	15.69	35.36	3.037
C/2001 M10 (NEAT) ²	26.66	0.801	28.08	5.30	48.02	137.67	2.557

Megjegyzés:

a : fél nagytegyel, E : excentricitás, i : pályahajlás az ekliptika síkjához,

q, Q : perihélium- és aphéliumtávolság, T_J : a Jupiterre vonatkozó Tisserand-paraméter.

¹ kentaur – ekliptikai üstökös átmeneti objektum

² Az üstökösaktivitás gyenge vagy kérdéses.

Petrovay Kristóf

A Naprendszer keletkezése

A magyar csillagászati irodalom régi adóssága a Naprendszer keletkezéséről szóló átfogó, korszerű beszámoló. Az utolsó ilyen jellegű, magyar nyelvű összefoglalók három-négy évtizede íródtak, s jobbára a tudománynak még ennél is régebbi, 1960 körüli állását tükrözik. Pedig bolygókozmozgóniai elképzeléseink azóta több tekintetben gyökeresen átalakultak.

A témától való húzódozás egyik oka talán a terület „gazdátlansága”, vagyis multidiszciplináris jellege. A Naprendszer eredetének vizsgálata jártasságot igényel az *ásvány- és kőzettanban*, a *geokémiában*, az izotópos vizsgálatok alapját jelentő *atomfizikában*, az *űrfelvételek* alapján történő *kormeghatározást* megalapozó *planetológiában*, a *nap- és űrfizikában*, az *égi mechanikában*, az *exobolygó-rendszereket* és más csillagok *proplidjait* vizsgáló *észlelő asztrofizikában*, a *csillagkeletkezés és csillagfejlődés elméletében*, és nem utolsósorban a *szoláris köd* fejlődését meghatározó *hidro- és magnetohidrodinamikában*. Hogy most mégis egymagam megpróbálkozzom e régi adósság törlesztésével, annak oka az illő szerénység hiányán túl egyetemi oktatói tapasztalataimban keresendő. Ha az ember még államvizsgáló csillagászhallgatóktól is ősrégi jegyzetekben talált, rég elavult, ködös kozmogóniai koncepciókat hall, előbb-utóbb elszánja magát a helyzet orvoslására.

A Naprendszer kozmogóniájának régi ismertetései hagyományosan történeti felépítést követtek: voltaképpen egyes tudósok időben egymást követő elméleteinek felsorolásából álltak. Ezzel a hagyománnyal ezúttal szakítunk. Az utóbbi négy évtizedben ugyanis az űr kutatás, az izotópos vizsgálatok és a modern számítógépeken végzett elméleti modellezés eredményeképpen a Naprendszer eredetének kutatása minőségileg új korszakba lépett, „normálisabb tudományterületté lett, amit nem csak egymás elméleteivel hadakozó, különc öregurak űznek” (Wetherill 1990). Ez a fejlemény szempontunkból irrelevánssá teszi az 1960-as éveket megelőző Naprendszer-kozmozgóniai elméletek zömét, melyekre legfeljebb mint zseniális korai megsejtésekre utalunk majd futólag. Másik gyakori vonása az efféle ismertetéseknek, hogy az elemzést egy sor alapvető empirikus tény ismertetésével kezdik, amelyekre magyarázatot kellene találni. E hagyományhoz

alkalmazkodva tekintjük át mindenekelőtt mi is az ilyen megfigyelési tényeket!

1. táblázat
Megfigyelési tények

[MT1]	A Naprendszer égitestjeinek többsége nagyjából egy síkban, körhöz közel álló pályán kering. (Kivételt képeznek az üstökösök.)
[MT2]	Bolygórendszer a csillagok igen nagy hányadához tartozik.
[MT3]	Fiatal csillagok körül a legtöbb esetben gáz- és porkorong található. Ez a csillag születése (láthatóvá válása) után néhány millió évig marad meg. (Néhány esetben azonban jóval tovább fennmarad, pl. Vega, β Pic.)
[MT4]	A Naprendszer teljes impulzusmomentumának 99,5%-a a tömeg 0,2%-át kitevő bolygóknak van.
[MT5]	A bolygórendszer anyaga vegyileg differenciált (elkülönült). A Naptól távolodva egyre alacsonyabb olvadás- és forráspontú (és egyben sűrűségű) anyagok az uralkodók. Különösen markáns ez a különbség a Naptól mintegy 4 CSE távolságban húzódó ún. <i>hőhatár</i> két oldala között. E határon túl az égitestek jelentős részben jégből állnak, míg azon belül a jég a légkör nélküli égitestek felszínéről a Nap melege miatt elillan, ott tartósan nem maradhat meg. Az egyes bolygók és holdak anyaga általában ugyancsak vegyi rétegződést mutat.
[MT6]	A kémiai elemek relatív gyakorisága a legősibb, differenciálatlan meteoritokban (szenes kondritok) a Nap fotoszférájában mérthez igen közel áll. Kivételt képeznek a szobahőmérsékleten is gáz vagy folyékony halmazállapotú <i>illó anyagok</i> összetevői (H, He, C, N, O), amelyek a meteoritokból természetesen nagyrészt hiányoznak.
[MT7]	A könnyűfémek (Li, Be, B) a planetáris testekben sokkal gyakoribbak, mint a Nap fotoszférájában.
[MT8]	A Naprendszer legősibb kőzetei 4567 ± 1 millió éve szilárdultak meg. Minden ismert égitest legősibb szilárd anyagai ezután $\sim 10^8$ éven belül alakultak ki.
[MT9]	Egyes rövid ($< 10^6$ év) felezési idejű radioaktív izotópok gyakorisága a Naprendszer keletkezésének idején igen magas volt.
[MT10]	A bolygók pályasugarai kb. mértani haladvány szerint nőnek (<i>Titius-Bodeszabály</i>).
[MT11]	Az óriásbolygók holdrendszerei sok tekintetben a Naprendszer kicsinyített másai, így a fenti tények rájuk is igazak. (De: MT4 kisebb mértékben.)
[MT12]	A Naprendszer égitestjeinek tengelyforgási periódusa többnyire 5–10 óra; forgástengelyük közel merőleges a pályasíkjukra, s a forgás direkt irányú. A kevés kivétel közé tartoznak a nagyobb égitestek közül: Merkúr, Vénusz, Föld, Mars, Uránusz.

A szoláris köd és eredete

Az az egyszerű és közismert tény, hogy a Naprendszer legtöbb égiteste hozzátéveleg egy síkban és közel körpályákon kering [MT1], messzemenő következtetéseket enged meg a rendszer eredetére nézve. A statisztikus mechanika nyelvén szólva a bolygórendszer ma *ütközésmentes rendszer*. Ez azt jelenti, hogy a planetáris testek egy keringés alatt elenyésző eséllyel ütköznek másokkal, vagyis a két ütközés közötti *szabad repülési idő* sokkal hosszabb a rendszeren való áthaladás idejénél. Ilyen körülmények között semmi akadálya nem lenne annak, hogy az égitestek egymást metsző, excentrikus és inklinált pályákon mozogjanak (ahogyan azt teszik is pl. az üstökösök).

Ha azonban a planetáris testek anyagát sokkal nagyobb számú, kisebb részecskére osztanánk szét – vagyis porrá vagy gázzá alakítanánk –, az ilyen rendszer a részecskék közötti kis távolságok miatt már ütközéses lesz, vagyis a részecskék a keringési időnél sokkal rövidebb időközönként ütköznek egymással. Az ütközések során a részecskék impulzusa és így impulzusmomentuma is megmarad, viszont mozgási energiájuk egy része hővé alakul és elsugárzódik. Ennek következtében a rendszer zsugorodik. A forgástengelyre merőleges irányban ugyanakkor a perdület megmaradása akadályozza a zsugorodást, ezért az anyag bizonyos idő elteltével egy korongba esik össze. A korong síkjában a részecskék közel körpályákon mozognak, mivel adott perdület esetén ezek a legkisebb energiájú pályák. Hűlő és zsugorodó gáz- és porfelhőknek tehát természetes konfigurációja a korong alak; ezzel magyarázható pl. a galaxiskorongok keletkezése is. A ma ütközésmentes bolygórendszer jellemzői tehát arra utalnak, hogy *planetáris testek egy gáz- és/vagy porkorongból az ún. protoplanetáris korongból* (protoplanetáris diszk, vagy elterjedt szóösszevonással *proplid*) *alakultak ki*. Ez tehát lényegében minden Naprendszer-keletkezési modell kézenfekvő kiindulópontja.

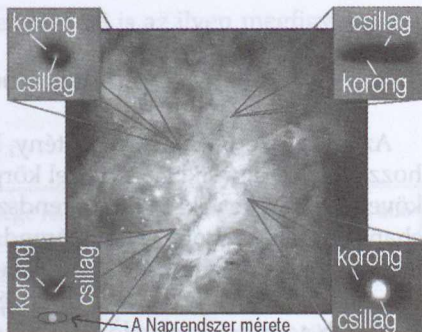
Ez azonnal két, egymástól nagyrészt független kérdést vet föl:

1. Honnét eredt a protoplanetáris korong?
2. Hogyan alakult bolygókká?

Az utóbbi húsz évben az űrteleszkópok és a precíziós földfelszíni spektroszkópia forradalmasították ismereteinket más csillagok formálódó és már kialakult bolygórendszereiről. Ennek nyomán jóval biztosabb alapra kerültek a Nap proplidja, a *szoláris köd* eredetére és jellemzőire vonatkozó elképzeléseink. Az azt megelőző két évtizedben pedig az űrkutatás és a modern számító-

gépes szimulációk eredményei lehetővé tették, hogy a bolygók protoplanetáris ködből való kialakulási folyamatáról átfogó, konzisztens képet alkossunk. Ennek nyomán napjainkra a fenti alapkérdésekre részletekbe menő, s fő vonásait tekintve számos bizonyítékkal alátámasztott válaszokat adhatunk. Ebben a fejezetben az első kérdést vizsgáljuk meg, míg a második kérdés a következő fejezet tárgya.

A fiatal csillag körül törvényszerűen megfigyelhető gáz- és por-korongok (1. ábra) szemléletesen mutatják, hogy a bolygórendszereket szülő proplidok a csillaggal együtt, nyilván ugyanazon anyagból születnek, egy csillagközi gáz- és porköd (lat. *nebula*) anyagának összetömörülésével [MT3]. Az ilyen *nebuláris elméletek* hosszú múltra tekintenek vissza Kant (1755) és Laplace (1796) korai, zseniális megsejtései óta. Velük szemben a legsúlyosabb ellenvetés – mely a XX. század elején átmeneti kegyvesztésükhöz vezetett – sokáig az ún. *perdület-probléma* volt.



1. ábra. Proplydok újszülött csillagok körül az Orion-ködben

A perdület-probléma és feloldása

A probléma lényege közismert [MT4]. A Naprendszer teljes perdületének 99,5%-a a tömeg 0,2%-át adó bolygók pályá-impulzusmomentuma formájában van jelen. A tömeg 99,8%-át kitevő Nap ugyanakkor igen lassan forog, így csak a teljes perdület 0,5%-át tartalmazza. Ha a bolygók és a Nap ugyanazon anyagból alakultak ki, amint azt a nebuláris elméletek feltételezik, akkor hogyan lehet ennyire eltérő a fajlagos impulzusmomentumuk?

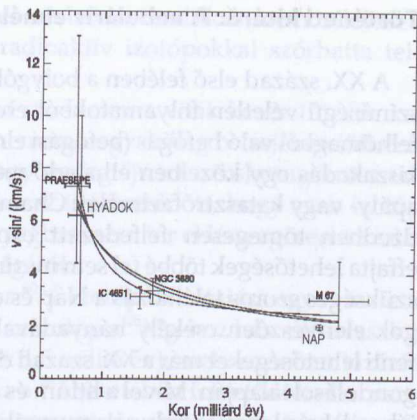
Világos, hogy a probléma feloldásához egy belülről kifelé, a Naptól a bolygók felé irányuló perdületátadásra van szükség. Mivel a korongban a centrumhoz közelebbi anyagrészek Kepler harmadik törvénye értelmében gyorsabb keringést végeznek, a közeg belső súrlódása éppen ilyen perdületátadást okoz. Csakhogy a számszerű becslések szerint a viszkozitás túlságosan kicsiny volt ahhoz a szoláris ködben, hogy ez a transzport számottevő legyen. A XX. század derekán azonban két olyan folyamatot is azonosítottak, amelyek a szoláris köd belső súrlódását, „merevségét” kellően fokozhatták: a ködben zajló *turbulenciát* (Weiszäcker, Kuiper), illetve a részben ionizált gázból álló ködöt átható, abba

befagyott *mágneses teret* (Alfvén, Hoyle). Ezen úttörő javaslatok nyomán mára a perdület-probléma magyarázatát illetően a következő konszenzus alakult ki.

A szoláris kód őse egy kiterjedt csillagközi gáz- és porfelhő helyi sűrűsödése, egy ún. felhőmag volt, mely instabillá vált és gravitációs kollapszusba kezdett. A kollapszus a forgástengelyre merőleges irányban a centrifugális erő megakadályozta, így az anyag nagyrészt egy koronggá esett össze. (Csupán a forgástengelynél levő anyag perdülete volt annyira kicsi, hogy közvetlenül behullhatott a centrumban képződő protocsillagba – ezen részek tömege azonban a későbbi Napénak még csak századrészt tehetette ki.) A korongban főként a turbulencia s emellett részben a mágneses tér folytán fellépő belső súrlódás folytonosan fékezte az anyag keringését, amely így lassan befelé spirálizott, mígnem behullott az ő-Napba. A Nap tehát már eleve az impulzusmomentumát vesztett anyagból alakult ki, de kezdetben még így is viszonylag gyorsan, Kepler-sebességgel (körsebesség), azaz a szétszakadás határán kellett forognia.

A Nap forgásának további lassulása az ún. *mágneses fékezés* révén ment végbe. E még ma is tartó folyamat lényege, hogy a Napból kiinduló napszél csekély tömegéhez képest aránytalanul sok perdületet visz el. A többlet-perdületet az anyagát a napfelszínhez láncoló, befagyott mágneses erővonalak révén nyeri a kiáramló plazma. Szemléletesen úgy képzelhetjük el, hogy a befagyott mágneses tér erővonalai rugókként kötik össze a kiáramló anyagdarabokat a felszínnel. A perdület megmaradása miatt a felszínhez képest visszamaradó anyagcsomókat a megnyúló „rugók” a forgásirányba húzzák, ezzel forgatónyomatéket gyakorolva rájuk.

A Naphoz hasonló, de nála fiatalabb csillagok megfigyelése megerősíti a fenti képet. Jellemzően a Napnál tízszer fiatalabb csillagok mintegy ötödsznyi idő alatt fordulnak meg tengelyük körül, mint a Nap (2. ábra).



2. ábra. Mágneses fékezés. Nap típusú csillagok kora és forgási sebessége

Történeti kitérő: A nebuláris elmélet alternatívái

A XX. század első felében a bolygók anyagát átmenetileg olyan kis valószínűségű véletlen folyamatokból eredeztették, mint egy sűrű csillagközi felhőmagból való befogás (befogási elmélet; Smidt 1941) vagy a Naptól való kiszakadás egy közelben elhaladó másik csillag árapálykeltő hatására (árapály- vagy katasztrófaelmélet; Chamberlin 1905, Jeans 1917). Az utóbbi évtizedben tömegesen felfedezett exobolygó-rendszerek [MT2] fényében effajta lehetőségek többé fel sem merülhetnek, hiszen a fenti folyamatokhoz szükséges szoros találkozás a Nap és egy más égitest között csupán a csillagok elenyészően csekély hányadával fordulhatott volna elő. Valójában a fenti lehetőségeket már a XX. század derekán elvetették, főként kémiai megfontolások alapján. Mivel a lítium és egyéb könnyűfémek a csillagok belsejében lebomlanak, a bolygók anyagában tapasztalt, a naplégkörben mértnél jóval nagyobb gyakoriságuk [MT7] ellentmond annak a feltevésnek, hogy a szoláris kód anyaga jóval a Nap keletkezése után szakadt volna ki abból. A befogási elméletet másfelől valószínűtlenné teszi az ősi meteoritikus anyag és a naplégkör vegyi összetételének általános jó egyezése [MT6]. Ráadásul ez az elmélet azt sem magyarázza meg, miért áll közel a bolygók pályasíkja a Nap egyenlítői síkjához.¹

Preszoláris szupernóva?

Az asztrofizikai megfigyelésekből régóta tudjuk, hogy a szupernóva-robbanások keltette lökéshullámok a csillagközi anyagban csillagképződési folyamatokat válthatnak ki. Ez alapján már a XX. század derekától többször felvetődött, hogy a Naprendszer keletkezését is effajta lökéshullám indíthatta el. Az elképzelés akkor lépett elő merő spekulációból hipotézissé, amikor 1975-ben Wasserburg és munkatársai kimutatták, hogy egyes ősi meteoritok anyagában feltűnően gyakori a magnézium 26-os tömegszámú izotópja, a „rendes”, 24-es izotóphoz képest. Egy ún. kondrula több, mikroszkopikus méretű darabkáját megvizsgálva azt találták, hogy az anomália annál erősebb, minél nagyobb a minta alumíniumtartalma. Ez arra utal, hogy a ²⁶Mg a ²⁶Al radioaktív izotóp bomlásával keletkezhetett. Utóbbi izotóp rövid (720 ezer éves) felezési ideje viszont azt jelenti, hogy a szoláris kód

1 A befogási elméletnek később Woolfson (1960–78), valamint Alfvén és Arrhenius (1960–76) olyan változatait javasolták, ahol a befogott anyag a Napot szülő csillagközi felhőcsomóból származik. Ezek az elméletek voltaképpen átmenetet jelentenek a nebuláris elméletek felé, részleteiket tekintve azonban továbbra is kevésbé meggyőzőek annál.

anyagát egy, legfeljebb kétmillió évvel az első meteoritikus szemcsék keletkezése előtt fellángolt szupernóva radioaktív izotópokkal szórhatta tele [MT9].

A felfedezést követően az elmélet évtizedekre a viták kereszttüzébe került. Többen rámutattak, hogy a ^{26}Al nemcsak egy csillag belsejében jöhetett létre, hanem pl. az ős-Nap erős nagy energiájú részecskesugárzásának (protonflerjeinek) hatására is; ráadásul az is felvetődött, hogy ezen izotóp általános gyakorisága a csillagközi anyagban nem tér el lényegesen a szoláris ködben mutatott kezdeti gyakoriságától.

Újabb fordulatot hozott az ügyben a ^{60}Ni izotóp kimutatása egyes meteoritokban (Tachibana & Huss 2003). Ez az izotóp a ^{26}Mg -hoz hasonlóan csak a ^{60}Fe bomlásterméke lehet (felezési idő: 1,5 millió év), mely azonban kizárólag csillagok magjában keletkezhet. Ez a ^{26}Al esetében felvetődött alternatívákat kizárja, megerősítve a preszoláris szupernóva hipotézist. A legfrissebb modellszámítások szerint a szupernóvának a szoláris ködtől legfeljebb néhány parszekre kellett fellángolnia, ami valószínűvé teszi, hogy az a Nap „idősebb testvére” lehetett. Tudjuk, hogy a Naphoz hasonló legtöbb csillag (többnyire rövid életű) csillaghalmazban keletkezik, tehát Napunkról is feltételezhetjük ezt. A halmaz egy néhány millió évvel korábban létrejött, igen nagy tömegű tagja lehetett az, amely életét hamar leélve szupernóvává vált, nehéz elemekben feldúsítva a Napot szülő felhőmagot, s talán annak összeomlását is okozva.

A szoláris ködtől a bolygóig

Mekkora lehetett a szoláris köd tömege? Erre nézve alsó becslést kaphatunk, ha figyelembe vesszük, hogy a bolygókban a nehéz elemek egymáshoz viszonyított aránya megegyezik a Nap fotoszférájában mérttel, míg az illó anyagok összetevőit (H, He, C, N, O) tekintve a planetáris testekben jelentős hiány tapasztalható – nyilván azért, mert az utóbbiak elszöktek. A nehéz elemeket a hiányzó könnyű elemekkel kiegészítve megkaphatjuk, minimálisan mennyi anyagnak kellett lennie a szoláris köd egészében és egyes zónáiban. Ezen ún. *minimális szoláris köd* tömege mintegy $0,02 M_{\odot}$ -nek adódik.

A felső tömeghatár jóval bizonytalanabb, de különböző megfontolások alapján valószínű, hogy a Nap proplidjának tömege jóval a központi csillag alatt lehetett, tehát legfeljebb néhány tized naptömeg volt. Újabban sok modell a két szélsőség között középútként $0,1 M_{\odot}$ körüli értéket feltételez a szoláris köd tömegére.

Kezdetben a szoláris köd igen forró lehetett, egyfelől a benne befelé spirálzó anyagban felszabadult és hővé alakult helyzeti energia, másfelől az ősz-Nap nagy luminozitása és erős aktivitása következtében. A Naptól távolabb mindkét hatás jelentősége kisebb, tehát a hőmérséklet a ködben kifelé csökkent, de néhány csillagászati egységen belül 1500–2000 fokra lehetett. Ennek következtében a Napot szülő felhő porszemcséi zömmel elpárologtak, csak kis hányaduk „úszhatta meg” szárazon. Az akkréció megszűnésével, a Nap halványulásával és a naptevékenység mérséklődésével azután a köd lassan hűlt.

A bolygók kialakulására nézve kétféle lehetőség kínálkozik: a forró gázköd anyagának közvetlen gravitációs kollapszusa (összeomlása), vagy a lassan hűlő ködből kicsapódó porszemek fokozatos összeállása nagyobb égitestekké.

Forró (más néven összeomlásos vagy kollapszusos) keletkezési mechanizmus

Ez a Kuiper holland származású amerikai és Cameron amerikai csillagászok által javasolt mechanizmus az 1960-as években volt igen népszerű.

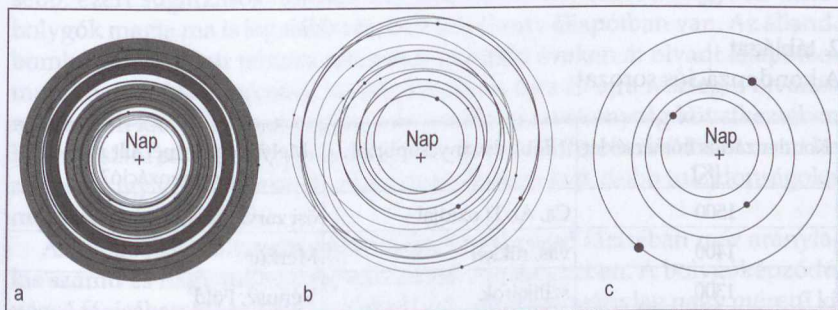
Ha a köd anyaga elég sűrű volt, a benne fellépő véletlen sűrűsödések gravitációsan instabillá válhattak, és megállíthatatlan összeomlásba kezdhetek. Ez a folyamat lényegében az egész Naprendszer létrejöttének kisebb léptékű mása, így természetes módon magyarázhatja a gázóriások és a körülöttük kiépült holdrendszerek képződését [MT11]. A folyamat rendkívül gyors, alig néhány ezer év leforgása alatt kialakulhatott így pl. a Jupiter. A számítások szerint azonban a gravitációs instabilitáshoz a szoláris köd tömegének jóval egy naptömeg fölött kellett volna lennie, ami alig valószínű. A naprendszerbeli kis égitestek (aszteroidák, üstökösök) eredetét pedig az elmélet egyáltalán nem magyarázza meg.

További nehézséget jelent a kőzetbolygók képződése. A forró keletkezési elmélet szerint a Föld és társai valaha a Jupiterhez hasonló gázóriások kőzetmagvát alkották, s kiterjedt gázburkukat az idők során a Nap közelsége miatt veszítették volna el. Ez a hatalmas mértékű gázvesztés azonban nem minden gázt érintett volna egyformán: a nagy atomsúlyú nemesgázoknak (Ar, Kr, Xe) vissza kellett volna maradniuk, így ezekből a kőzetbolygóknak ma sokkal többet kellene tartalmazniuk. Ez a megfontolás gyakorlatilag kizárja a kőzetbolygók kollapszusos eredetét.

Hideg (más néven összeállásos vagy akkréciós) keletkezési mechanizmus

Ha a szoláris köd tömege nem volt elég nagy ahhoz, hogy gravitációsan instabil legyen, akkor lassú hűlése során belőle apró porszemek kondenzálódhattak, mint a hűlő párából a vízcseppek ill. jégkristályok. A porszemcsék kezdetben elektrosztatikusan tapadhattak össze nagyobb konglomerátumokká, ahogyan a jégkristályok hópolyhekké vagy – kevésbé esztétikus hasonlattal – a porszemek a szoba sarkában pormacsává. Efféle képződmények a bolygóközi porban ma is találhatóak. Ha azután az így létrejött centiméteres nagyságú bolyhok valami úton-módon kilométeres darabokká álltak össze,² akkor már a tömegvonzás vehette át az irányítást. A nagyobb darabokhoz egyre több és több társuk nőtt hozzá (lat. „hozzánövés” = akkréció), míg ezek a bolygókezdemények (*planetezimálók*) aszteroida, majd bolygó méretűvé híztak.

Ezen összeállási folyamat részletes matematikai modelljének kifejlesztése Szafronov orosz planetológus nevéhez fűződik. Szafronov a moszkvai Földfizikai Intézet munkatársa volt, amelyet a már említett O. J. Smidt, a befogási elmélet kidolgozója vezetett. Ebben az elméletben, mint láttuk, a szoláris ködöt a Nap egy csillagközi felhőből fogta volna be. A főnökével nyíltan szembeszállni nem óhajtó Szafronov volt az első, aki egyértelműen kimondta: a szoláris köd eredetének kérdése lényegében független a bolygók kialakulásának problémájától, így saját munkája bármelyik kontextusba beilleszthető.



3. ábra. Planetezimálók összeállása néhány bolygóvá. Egy számítógépes szimuláció fázisai

2 Ez a lépés az elmélet egyik gyenge pontja. Egyik lehetőség, hogy a bolyhok leülepedtek a proplid szimmetriasíkjába, egy vékony, sűrű rétegbe, s e porréteg (de nem a gáz) gravitációs instabilitása vezetett a nagyobb képződmények összeállásához.

Eredményeit Szafronov orosz szaklapokban, majd 1969-ben egy orosz nyelvű monográfiában tette közzé. Szélesebb körben akkor váltak ismertté, amikor könyve egy izraeli szakfordítási program keretében 1972-ben megjelent angolul. Szafronov analitikus számításai nyomán több amerikai kutató megkezdte a folyamat részletes numerikus modelljének kifejlesztését (3. ábra). Az összeállási elmélet hamarosan végképp háttérbe szorította az összeomlási elméletet, és a bolygóképződés máig általánosan elfogadott modelljévé vált.

Az összeállásos elmélet fő vonzereje az, hogy magyarázatot ad a Naprendszer megfigyelt vegyi differenciálódására [MT5]. A lassan hűlő szoláris ködből először a legmagasabb olvadáspontú ásványok csapódnak ki, majd egyre alacsonyabb olvadáspontúak, a jegekig (az illó anyagok szilárd fázisáig) bezárólag. Kémiai számításokkal levezethető, hogy a Naphoz hasonló elemösszetételű ködből milyen ásványok, milyen sorrendben és milyen arányban csapódnak ki. Ez a *kondenzációs sorozat* főbb vonalakban a 2. táblázat első két oszlopában látható. Mármost mivel a hőmérséklet a ködben kifelé csökkent, adott időpontban a kondenzációs folyamat mindig jóval előrehaladottabb volt a Naptól nagyobb távolságban. Ha a szoláris köd maradék gázanyaga egy idő után eltűnt, ez az állapot konzerválódhatott, azaz a Naphoz közelebbi részeken egyre inkább csak magas olvadáspontú ásványokat találunk. A táblázat harmadik oszlopa jelzi, a tapasztalat szerint mely naptávolságokon akadhatott meg az adott szinten a kondenzációs folyamat.

2. táblázat
A kondenzációs sorozat

Kondenzációs hőmérséklet [K]	Főbb ásványcsoportok	Melyik égitestnél állt meg itt a kondenzáció?
1500	Ca, Al, Ti oxidjai	ősi zárványok meteoritokban
1400	vas, nikkell	Merkúr
1300	szilikátok	Vénusz, Föld
700	vas oxidálódik	Mars
600	szén, szénvegyületek	aszteroida-öv
200	vízjég	Jupiter, Szaturnusz
100	ammónia- és metánjég	Uránusz, Neptunusz, Kuiper-öv

Miért tűnt el a maradék gázanyag? Ennek oka minden bizonnyal a gyorsan forgó és rendkívül aktív ős-Nap (ebben az időben T Tauri típusú változócsillag) erős csillagszele lehetett, amely egyszerűen elfújta a maradék gázt. Mindenesetre a T Tauri csillagok megfigyelése azt mutatja, hogy protolid többnyire csak 2–3 millió évesnél fiatalabb csillagok körül figyelhető meg, tehát a gáz bizonyosan elég hamar eltűnik. Ráadásul a Nap közelsége miatt pl. a víz a belső Naprendszerben – a 4 CSE tájékán húzódó ún. *hőhatáron* belül – még akkor sem csapódhatott volna ki, ha a köd sokkal tovább megléte volna.

A kőzetbolygók keletkezése. Kozmikus kataklizmák

A Hold, valamint a kisbolygóövből és a Marsról származó meteoritok tapasztalt sajátosságai arra utalnak, hogy az egyre nagyobb darabokká összeálló kőzettetek a száz km körüli méretet elérve részlegesen vagy teljesen megolvadtak. Az ehhez szükséges hő a becsapódások során felszabadult mozgási energia (képződéshő) és a radioaktív izotópok bomlása szolgáltathatta. A fűtésben szerepet játszhattak az aktív, fiatal Nap erős mágneses tere által a keringő égitestekben indukált áramok is.

Az olvadt kőzetanyagban a nagyobb fajsúlyú vas az égitest *magjába* szivárgott, míg a könnyebb szilikátos kőzetek a *köpenyben* gyűltek össze. A köpeny anyaga viszonylag hamar megszilárdult, míg a mélyen fekvő mag hűlése sokáig elhúzódott. Nagyobb égitestekre a felszín/térfogat arány kisebb, ezért sugárzásos hűlésük kevésbé hatékony. Ezért a nagyobb kőzetbolygók magja ma is legalább részben folyékony állapotban van. Az állandó bombázásnak kitett felszíni rétegek is tízmillió éveken át olvadt állapotban maradhattak (*magmaóceán*), és még később is újra és újra részleges olvadásnak voltak kitéve a becsapódások és a vulkáni tevékenység következtében. Ezen felszíni réteg, a *kéreg* tehát különösen erős differenciálódáson ment keresztül, s így vegyi jellemzői eltérnek az alatta fekvő, ősből tulajdonságokat megőrzött köpenytől.

Az összeállási folyamat sajátossága, hogy végső fázisában már aránylag kis számú és nagy méretű égitest marad a rendszerben. A bolygóképződés végső fázisában tehát a már kialakult ősbolygókba aránylag nagy méretű kisebb égitestek csapódtak nagy sebességekkel. A kőzetbolygók egyes jellemzőit, elsősorban forgási periódusukat e néhány utolsó nagy ütközés paraméterei határozták meg, lényegében véletlenszerűen. E tekintetben tehát a „kis számok törvénye” érvényesült, így érthető, hogy valamennyi kőzetbolygó rotációs jellemzői szokatlanok. A Vénusz igen lassan, retrográd

irányban forog, míg a Föld és a Mars nagy tengelyferdeséget mutat. (A Merkúr és a Föld forgási periódusának kialakításában a Nap ill. a Hold árapálykeltő ereje játszott szerepet.)

Az összeállás végső fázisában bekövetkezett óriási becsapódások következménye volt mai elképzelésünk szerint a Hold létrejötte is. Az ős-Földdel rézsútosan ütköző, közel Mars nagyságú másik ősbolygó (fantáziánévén a Theia) becsapódásának hatására a Föld köpenyanyagából jókora adag elpárolgott, majd Föld körüli pályán ismét kikondenzálódott, s belőle állt össze testvérbolygónk, a Hold (Hartmann & Davis 1975; Cameron & Ward 1976). Egyedül ez az első hallásra hajmeresztőnek tűnő hipotézis képes egyidejűleg megmagyarázni a következő tényeket:

- A Holdnak – átlagsűrűsége és az Apollo űrhajók által telepített szeizmográfok mérései alapján – nincs számottevő vasmagja. Így a Hold nem lehet a Föld párhuzamosan keletkezett „ikertestvére”.
- A holdkéregben az oxigénizotópok aránya a földivel azonos, noha ez az arány (ma még egyébként tisztázatlan okok miatt) különben minden bolygóra más és más. A Hold tehát nem lehetett eredetileg független bolygó, melyet a Föld befogott.
- A holdkéreg elemösszetétele a földköpeny összetételéhez általában hasonló. Ugyanakkor viszont feltűnően gazdag magas olvadáspontú elemekben (pl. Ti), míg hiányoznak belőle az alacsony olvadáspontú anyagok (alkáli fémek, illók). Ez érthető, ha a Hold az elpárolgott köpenyanyag újra-kondenzációjával jött létre.

Az óriás becsapódásra az utóbbi évtizedekben részletes számítógépes modelleket fejlesztettek ki, amelyek megmutatták, hogy a feltételezett esemény nem túl valószínűtlen, és jól reprodukálják kísérőnk főbb jellemzőit.

A fenti keletkezési kép alapján a kőzetbolygók alacsony olvadáspontú és illó anyagokat gyakorlatilag egyáltalán nem tartalmazhatnának, hiszen azok a Naphoz ilyen közelségben sohasem csapódtak volna ki a szoláris ködből. Hogyan magyarázzuk tehát a Föld és a Mars számottevő víz- ill. jégkészletét? A ma általánosan elfogadott elképzelés szerint a Naprendszer külső térségeiben keletkezett jég-kisbolygók, üstökösök becsapódásai útján érkezhettek e bolygók mai vízkészlete – talán éppen az ún. *kései nagy bombázás* idején (l. *Vándorló bolygók és a Hold-katakliizma* fejezetet).

A fentihez hasonló problémát vet fel az a legújabb felfedezés, hogy a Merkúr vasmagja a bolygó forgási sebességének ingadozásai alapján ma is legalább részben olvadt állapotú (Margot és mtsai. 2007). Ez a hűlési modellek szerint csak akkor tűnik lehetségesnek, ha a magban a vashoz más, alacso-

nyabb olvadáspontú anyag, legvalószínűbben kén is elegyedik. Egy ilyen jelentős kénkészlet eredetét viszont szintén nem könnyű megmagyarázni. Korábban már felvetődött, hogy a Merkúr aránytalanul nagy vasmagját talán nem a kondenzációs sorozatnak megfelelő helyzete (2. táblázat) okozhatta, hanem egy, a Földet érthet hasonló óriás becsapódás, amely eredeti köpenyének nagy részétől megfosztotta a bolygót. Ha ez így volt, akkor a Merkúr keletkezési helyén nem feltétlenül uralkodott túl magas hőmérséklet a szoláris ködben, s így talán a kén is kicsapódhatott ott.

Az óriásbolygók keletkezése

Míg az összeomlásos keletkezési mechanizmus a kőzetbolygók megmagyarázására képtelen, addig az összeállásosnál az óriásbolygókkal vannak nehézségek. Az óriásbolygók holdrendszerei sok tekintetben a Naprendszer kicsinyített másainak látszanak [MT11], ami a Naprendszeréhez hasonló eredetet sugall, egy gravitációs instabilitással képződött korongból. Igaz, ebben az esetben egy alternatív magyarázat is felmerülhet. Ismeretes, hogy az árapályerő hatására egy keringő égitest pályahajlása és excentricitása lassan csökken. A Naprendszer égitestjeinek pályasugara annyira nagy a Nap méretéhez képest, hogy mozgásukra – az egy Merkúr kivételével – az árapályerők nem gyakorolhatnak számottevő hatást; a holdrendszerek kialakításában viszont ez a hatás komoly szerepet játszhat.³

A fő gondot azonban az időskálák jelentik. Kepler harmadik törvényének megfelelően a külső Naprendszerben a keringésidők rohamosan hosszabbodnak, így a keringő planetezimáloknak egy bolygóba való besöpüléséhez is egyre több idő kell. A Jupiter kialakulása több tízmillió évig tartott volna, a Naptól 30 csillagászati egységre keringő Neptunusz esetében pedig kérdéses, hogy egyáltalán hogyan jöhetett létre. Ez az „időskála-probléma” vagy „Neptunusz-probléma” az összeállásos modell fő nehézsége.

Ennek feloldására, vagy legalábbis nagymértékű enyhítésére fejlesztette ki a Kiotói Egyetemen C. Hayashi, a neves asztrofizikus által alapított és C. Mizuno vezette kutatócsoport a *magakkréciós* (más néven *nukleációs*) modellt, amely az óriásbolygók képződésének ma legáltalánosabban elfogadott mechanizmusa. Eszerint a jéghatáron túl a jég kicsapódásával ugrásszerűen nő a szilárd, főként jégből álló planetezimálok mennyisége. Ezekből aránylag rövid idő alatt tíz földtömeg körüli bolygókezdemények állhattak össze. E magok azután magukhoz vonzották a főként hidrogénből és héliumból

3 Az óriásbolygók holdjairól bővebben l.: Illés E.: Holdak a Naprendszerben. *Csillagászati évkönyv* 2006, 194. o.

álló maradék gázt, azaz lényegében gócként szolgáltak a gáz – egyébként csak sokkal sűrűbb köd esetén bekövetkező – kollapszusához. Így a modell „visszacsempészi” az összeállásos elméletbe az összeomlásos elmélet előnyeit. A javasolt mechanizmus akkor működőképes, ha a szoláris köd tömege legalább $0,08 M_{\odot}$ volt.

Az összeomlás gyorsasága folytán az időskála-probléma lényegesen enyhül, bár a Neptunusz képződéséhez még így is kényelmetlenül hosszú, legalább $3 \cdot 10^7$ évnnyi idő kell. Miután a megfigyelések szerint a proplid csak néhány millió évig marad fenn [MT3], ez nehézséget jelent. Persze talán éppen ez magyarázza, hogy a gázóriásokkal (Jupiter, Szaturnusz) szemben a vízbolygóknak (Uránusz, Neptunusz) miért csak jóval kisebb a hidrogén-hélium légköre.

A kis égitestek eredete

A Mars és a Jupiter pályája között keringő kőzet-kisbolygók (*aszteroidák*) össztömege alig 25-öd része a Hold tömegének. Ez az anyaghiány feltehetőleg a Jupiter perturbáló hatásának következménye lehet. A perturbációk megnövelték az itt keringő planetezimálok pályahajlását és excentricitását. Az ebből következően nagyobb sebességű ütközések viszont már nem az égitestek összeállásához, hanem éppen szétadarabolódásukhoz vezettek. Az ütközéses erózió végeredményben a planetezimálok tömegének zömét porrá alakította. A bolygóközi por pedig számos hatás (pl. a Nap sugárnyomása) eredményeképpen nem marad meg tartósan a Naprendszerben, hanem részben kifúvódik, részben behullik a Napba. Így az övezetben levő anyag nagy része eltűnt, s a kezdetben kialakult egyetlen törpebolygó (az összes többi aszteroida tömegének felét kitevő Ceres) nem nőhetett tovább. Lehetőséges, hogy a Marsnak a szomszédos kőzetbolygókhoz képest feltűnően kis tömegét is a Jupiter hatása magyarázza.

A beljebb keringő planetezimálok és ősbolygók megolvasztásához vezető fűtési mechanizmusok erősebbek voltak a Naphoz közelebb. (Itt nagyobbak a keringési, s így az ütközési sebességek is; emellett a rövidebb keringési idők folytán az összeállás gyorsabban zajlott, így a gyorsan bomló radioaktív izotópok hőtermelése is jelentősebb lehetett.) A Naptól 1,5–2 CSE távolságon túl, az aszteroidaövben az olvadás már nem lehetett nagymértékű. Színképük és a belőlük származó (az összes meteorit 85%-át kitevő) *kondritmeteoritok* tanúsága szerint a főöbéli aszteroidák csak csekély mértékben differenciálódott égitestek.

A meteoritok fennmaradó 15%-a zömmel az aszteroidaöv belső széléről származik. Nagyobb részük vas- ill. kő-vasmeteorit, de akadnak köztük kő-

meteoritok is, az *akondritok*. Ezek erősen differenciálódott objektumok töredékeinek tűnnek. Sőt az aszteroidaöv belső peremén olyan kisbolygók is találhatóak, amelyek színképi jellemzőik alapján a többi aszteroidáétól lényegesen eltérő vegyi összetételűek: azok széngazdagságával szemben a kőzetbolygókhoz hasonlóan szilikátos kőzetekből állnak. Némelyikük maga is erősen differenciált égitestnek tűnik. Legnevezetesebb példájuk a Vesta, melynek kergéből származtatható aszteroidák szintén előfordulnak az akondritok között. Honnét eredhetnek ezek?

A Föld térségében keringő, differenciálódott planetezimálok az ütközések során össze-össze töredezték. E töredezési és összeállási folyamatot újabban Bottke és munkatársai (2006) modellezték. Eredményük szerint a keletkezett törmelék egy kis hányada a már kialakulófélben levő ősbolygók perturbációinak hatására kiszóródhatott az aszteroidaöv belső peremére, ahol akár a mai napig fennmaradhatott. Ebből a tartományból származnak a vasmeteoritok (az ősi differenciált planetezimálok magjából eredő szilánkok), a kő-vasmeteoritok (a mag és köpeny határáról), valamint az akondritmeteoritok (a kéregből). Az ősi égitestek köpenyanyagából származtatható meteoritokból feltűnően kevés akad – talán azért, mert ezek, a többiekénél kevésbé ellenálló anyagokból lévén, már szétporladtak az ütközésekben. Az aszteroidaöv belső szélére a szilánkok mellett a Vestához hasonló, komplett, differenciálódott planetezimálok is kiszóródhattak.

A Neptunusz pályáján kívül elterülő, jég-kisbolygókból álló *Kuiper-öv* eredete az aszteroidaövéhez hasonlóan magyarázható, csak éppen itt a Jupiter helyett a Neptunusz volt a perturbációk forrása. Mindkét esetben döntő az időskála: a Jupiternek illetve a Neptunusznak akkor kellett megjelennie a színen, amikor már megjelent néhány törpebolygó, de bolygó méretű égitest még nem tudott összeállni. A Kuiper-övből olykor a perturbációk hatására jég-kisbolygók tévednek be a Naprendszer belsőbb tartományába. Ezeket az objektumokat nevezzük *kentauroknak*, illetve, ha a jéghatárnál beljebb jutnak, *periodikus üstökösöknek*.

A *parabolikus üstökösök* ezzel szemben eredetileg a Kuiper-objektumoknál beljebb, az óriásbolygók tartományában keletkezettek, ám a bolygók perturbációi igen távolra szórták ki őket, ahol extraszoláris hatások (más csillagok ill. a Tejút gravitációs tere) irányítják további pályafejlődésüket.

Aktuális témák

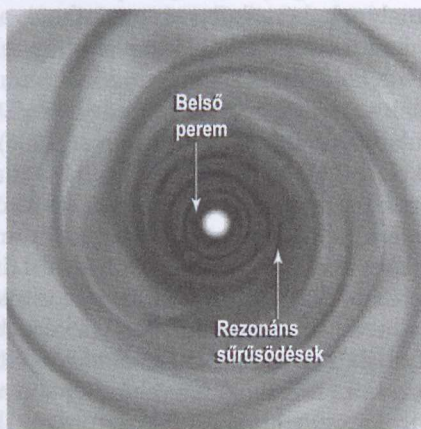
Struktúrák a protoplanetáris korongban. Hibrid modell

A fent vázolt magakkrecióos modell az időskála-problémát inkább csak elviselhetővé mérsékli, mintsem megoldja. Ráadásul az az elterjedt nézet, hogy az aszteroidaövből az anyaghiányért a Jupiter hatása felelős, feltételezi, hogy a Jupiter már a kőzetbolygók keletkezésekor a helyén volt, vagyis igen gyorsan kialakult.

A fenti nehézségek hatására az utóbbi évtizedben néhány kutató ismét leporolta a kollapszusos keletkezés ötletét. Elősegítette ezt, hogy a számítógépek fejlődésével lehetővé vált a protoplanetáris korong több-dimenziós hidrodinamikai modellezése. Boss az 1990-es évek végén végzett szimulációi szerint egy még

elfogadható, néhány tized naptömegnyi szoláris köd hideg, külső részein felléphettek gravitációs instabilitások. Sajnos azonban ezek még az optimálisan beállított modellparaméterek mellett sem vezettek tartósan fennmaradó sűrűsödésekhez, „ősbolygókhoz”, ehelyett rövidesen feloszlottak.

Boss nyomdokain haladva az utóbbi években Durisen és munkatársai (2004) tovább vizsgálták a szoláris köd gravitációs instabilitását. Ilyen instabilitás közepes tömegű szoláris köd esetén csak a Naptól nagyon távol, a mai Naprendszer határain túl lép fel, és ott sem tartós anyagcsomók keletkezéséhez, hanem – a galaxisok esetéhez hasonlóan – spirális sűrűség hullámok gerjesztéséhez vezet. Ezek viszont kihatnak a proplid belső vidékeire is, ahol a szimulációban gyűrűszerű sűrűsödések jelennek meg (4. ábra). A gyűrűk fellépte részben a spirálgalaxisok mechanikájából is ismert ún. Lindblad-rezonanciák következménye. A ködből kicsapódott por különösen erősen „fokuszálódik” a gyűrűk középvonalába, ahol az így kialakult nagy porsűrűség nagyon meggyorsíthatja a bolygótestek akkrécióját.



4. ábra. Spirálszerkezet a szoláris köd külső részén és az általa gerjesztett gyűrűk a belső részen Durisen és mtsai. (2004) hibrid modelljében. A képen a sötétebb szín nagyobb sűrűséget jelent.

A szerzők hibrid modellnek nevezik elképzelésüket, ahol a gravitációs instabilitás közvetlenül nem vezet ugyan bolygóképződéshez, ám közvetve elősegíti azt.

Vándorló bolygók és a Hold-kataklizma

A csillagászokban hosszú ideig fel sem merült a gondolat, hogy a főbolygók pályasugara keletkezésük óta számottevően megváltozhatott volna. Hiszen a bolygók egymásra gyakorolt vonzereje jelenleg csak elenyészően kicsiny szekuláris perturbációkat okoz a pályák fél nagytengelyében.

Az exobolygók tömeges felfedezése azonban az utóbbi évtizedben felhívta a figyelmet a bolygóvándorlás (migráció) egy igen hatékony mechanizmusára, amely drámai következményekkel járhat a bolygórendszer szerkezetére nézve. Az eddig felfedezett exobolygók többsége ugyanis a csillagjához meglepően közel (a hóhatáron belül) keringő óriásbolygó. Bár ez a statisztika főként annak a következménye, hogy mai észlelési technikánk elsősorban éppen az ilyen rendszerek kimutatására alkalmas, ez nem változtat azon a tényen, hogy ilyen, a mi Naprendszerünkötől erősen különböző bolygórendszerek kétségkívül léteznek. Magyarázataukra született az a feltevés, hogy az újonnan felfedezett óriásbolygók eredetileg csillagjuktól tisztességes távolságban születtek, akárcsak Naprendszerünk óriásai, de beljebb vándoroltak. Az ilyen gyors befelé vándorlást a bolygóknak a proplid gáz- és poranyagával való gravitációs kölcsönhatása teheti lehetővé. Ennek fényében lassan azon kell csodálkoznunk, hogy a Naprendszer „megúsztá” az ilyen drasztikusabb átalakulást – talán azért, mert a Nap proplidja aránylag korán feloszlott.

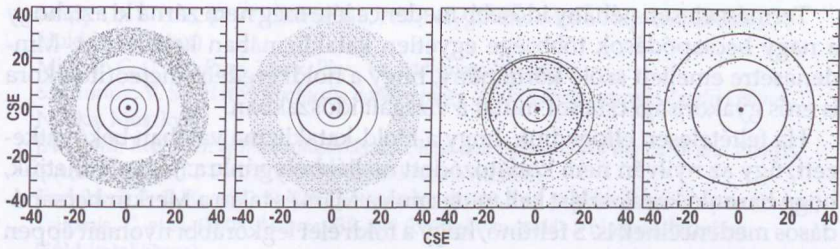
A bolygóvándorlásnak ugyanakkor van egy másik, lassabb, de hosszabban tartó mechanizmusa is, amely a proplid eltűnése után is folytatódhatott. Ezt a lehetőséget tulajdonképpen még az exobolygók felfedezése előtt javasolta Malhotra (1993) a Neptunusszal 2:3 arányú rezonanciában⁴ keringő *plutínók* eredetének megmagyarázására. Elképzelése szerint a Neptunusz lassan kifelé vándorolt, keringési periódusa növekedett, így egyre újabb és újabb planetezimálok kerültek vele rezonanciába. A rezonanciába bekerült égitestek pedig ott is maradtak, így a kifelé vándorló óriásbolygó mintegy „összeseperte” maga előtt a planetezimálokat, köztük a Plútót.

⁴ Az égi mechanikai rezonancia azt jelenti, hogy két keringési vagy forgási periódus egymással kis egész számok arányában áll. Rezonancia esetén ugyanazon konfiguráció gyakori ismétlődése folytán a perturbációk hatása különösen felerősödik. A rezonanciákról I. Sándor Zsolt cikkét a 2005-ös Csillagászati évkönyvben.

A feltételezett vándorlás lehetséges, ha figyelembe vesszük, hogy a korai Naprendszerben a bolygók mozgására nemcsak a többi bolygó, de az akkoriban még nagy számban jelenlevő planetézimál is hatott. Ha egy bolygó egy planetézimállal találkozik, azt vagy befelé, vagy kifelé szórja, ő maga pedig ellenkező irányba mozdul el. A Jupiter nagy tömege folytán az általa kifelé szórt égitestek hatalmas, több ezer CSE távolságra kerültek a Naptól, ahonnan az extraszoláris perturbációk miatt már nemigen tértek vissza; ezzel szemben a befelé szórt planetézimálok gyakran visszatértek, és újra véletlenszerű irányba szóródtak. A Jupiter tehát átlagosan több planetézimált szórt kifelé, mint befelé, és így ő maga lassan befelé vándorolt. A másik három óriásbolygóval fordítva állt a helyzet. Kisebb tömegük folytán az általuk kifelé szórt égitestek nem jutottak olyan messzire, s így előbb-utóbb visszatértek, míg a befelé szórtakat a beljebb fekvő bolygók gyakran újra szórták, s így nem tértek vissza. A Szaturnusz, Uránusz és Neptunusz tehát lassan kifelé vándorolt. Ez a vándorlás az időskála-problémát is mérsékelheti, hiszen a Neptunusz és Uránusz így beljebb keletkeztek.

A migráció következtében a Titius–Bode-szabály sem a Naprendszer „velszületett”, hanem szerzett sajátságának tűnik ma már. Az egymás keringési idejével való rezonanciák környékén a migráció lelassulhatott, így miután a köd és a planetézimálok eltűntével a vándorlás megszűnt, olyan állapot konzerválódott, melyben a szomszédos bolygók keringési periódusa egymással közel rezonanciában van. Ez magyarázhatja a pályasugarak mértani haladványszerű növekedését. (Ha pl. minden bolygó 1:2 arányú rezonanciában állna külső szomszédjával, Kepler 3. törvénye miatt pontosan 2^{23} kvociensű mértani sorozatot kapnánk.)

A Naprendszer óriásbolygóinak vándorlását modellezve meglepő jelenségre bukkantak a Nizzai Observatórium munkatársai (Gomes és mtsai 2005). Modelljükben a Jupiter 5,5, a Szaturnusz 8,6, a Neptunusz 12, az Uránusz pedig 15 CSE körüli pályasugárral született. A Neptunusz tehát eredetileg az Uránusznál közelebb keringett a Naphoz, ami megmagyarázná, miért nagyobb a sűrűsége, mint ma beljebb keringő ikertestvéréé. A rendszer kialakulása után a kijjebb keringő és bolygóvá nem összeálló planetézimálok hatására megkezdődött a fent leírt migráció. Több százmillió év (hogy pontosan mennyi, az a kezdeti feltételek függvénye) elteltével a Jupiter rövidülő és a Szaturnusz hosszabbodó keringésideje 1:2 arányú rezonanciába került. Ennek következtében a két gázóriás által a többi égitestre, de különösen a Neptunuszra gyakorolt perturbációk hatása rendkívül megnőtt. A Neptunusz hirtelen az Uránusznál is kijjebb került, s ennek során az Uránusz pályáján túl keringő Kuiper-objektumokat szétszórta (5. ábra). A szórt jég-kisbolygók – és talán a gázóriások által perturbált aszteroidák



5. ábra. Az óriásbolygók vándorlása és a kései erős bombázás Gomes és mtsai (2005) szimulációjában. (a) A kezdeti konfiguráció a 4 óriásbolygóval és nagyszámú jég-kisbolygóval. (b) A Jupiter és Szaturnusz 1:2 rezonanciája előtti helyzet. (c) A szóródás megkezdődött. (d) 200 millió évvel későbbi állapot. Látható, hogy az Uránusz és a Neptunusz helyet cserélt.

– egy része a belső Naprendszerbe is bejutott, ahol a kőzetbolygókon legfeljebb néhány tízmillió évig tartó, rendkívül heves bombázást okozhatott.

Vannak-e megfigyelhető nyomai egy ilyen feltételezett kései erős bombázásnak? Nos, a planetológusok körében már évtizedek óta ismert ez a fogalom, elsősorban a holdkőzetek izotópos és rétegtani vizsgálatai alapján. Először az 1970-es években figyeltek fel arra, hogy a holdi medencék zöme közel egykorú: mintegy 3,8–3,9 milliárd éves. A jelek szerint ekkor fellépett erős kisbolygó-becsapódási hullámot „Hold-katakliзма” néven is emlegetik.

Hogy a Hold-katakliзма valóban megtörtént, azt ma a legtöbb planetológus elfogadja, bár akadnak kétkedők is. Szerintük a Hold látható féltékéjén mindenféle előforduló egykorú kőzetek mind az utolsó nagy becsapódás, az Imbrium-esemény törmelékanyagából valók, és nem feltétlenül jelzik a hozzájuk épp legközelebb fekvő ősbibb medence korát. A katakliзма-pártiak ezzel szemben rámutatnak, hogy a mai pontos kormeghatározási módszerekkel szignifikáns különbségek mutathatók ki a különböző medencék körüli törmelékanyagban, így az nem származhat egyazon becsapódástól. A korok azonban egy igen szűk, legfeljebb 70 millió év hosszúságú időintervallumba esnek.

Újabbán R. Baldwin, a planetológia egyik nagy öregje is ringbe szállt a katakliзма-elmélet ellen. Fő érve, hogy a holdi medencék kontrasztja nagyon eltérő, ami azzal magyarázható, hogy a fiatal Hold képlékenyebb kérgében a medencéket övező hegységek lassan megsüllyedtek. Ez tehát a különböző medencék különböző korára utalna. A vita elsősorban a Nectaris-medence körül forog, amely lepusztultabbnak tűnik az Imbriumnál, és melynek kora az Apollo-16 leszállási helyén talált breccsák alapján 4,1 milliárd évesre becsülhető. A katakliзма-pártiak szerint ez a medence is 3,9 milliárd éves, és az említett kőzetek teljes átolvasás nélkül dobódtak ki a környező felföldre.

Természetesen néhány idősebb medence léte még nem zárná ki azt, hogy a nagy becsapódások többsége egyetlen kataklizmában keletkezett. Mindenesetre emellett szóló körülmény, hogy a holdi eredetű meteoritok kora is erős gyakorisági csúcsot mutat a vizsgált időszakban.

Ha feltételesen elfogadjuk, hogy a Hold-kataklizma valóban bekövetkezett, úgy az nyilván nem korlátozódott mellékbolygókra. Joggal hihetjük, hogy hasonló koreloszlást kell mutatniuk a Mars és talán a Merkúr becsapódásos medencéinek is. S feltűnő, hogy a földi élet legkorábbi nyomait éppen 3,85 milliárd éves kőzetekben találták meg – lehet, hogy ezek a becsapódó jég-kisbolygók, üstökösök és meteorok hozták bolygókra az éltető vizet, s netán még az élet építőköveit: az aminosavakat és más szerves vegyületeket is? Ha így volt is, valamennyi víz már jóval korábban is lehetett bolygónkon. Az ismert legöregebb földi ásványtöredék, a nyugat-ausztráliai Jack Hillsben talált 4,4 milliárd éves cirkónium kristály ugyanis az elemzések szerint már folyékony vízzel való érintkezés nyomait hordozza (Wilde és mtsai. 2001).

Irodalom

- Boss, A. P. (1998) *Ann. Rev. Earth Planet. Sci.* 26, 53
 Brush, S. G. (1990) *Rev. Mod. Phys.* 62, 43
 Lissauer, J. J. (1993) *Ann. Rev. Astron. Astrophys.* 31, 129
 Wetherill, G. W. (1990) *Ann. Rev. Earth Planet. Sci.* 18, 205
- Mérföldkövek a Naprendszer kozmogóniájának utóbbi évtizedeiből*
 Amelin, Y. et al. (2002) *Science* 297, 1678 (a legrégebb kőzetek kora)
 Baldwin, R. B. (2006) *Icarus* 184, 308 (bolygóvándorlás a Naprendszerben, Hold-kataklizma)
 Bottke, W. F. et al. (2006) *Nature* 439, 821 (a vasmeteoritok eredetéről)
 Cameron, A. G. W. & Ward, W. R. (1976) *Abstracts Lunar Planet. Sci. Conf.* 7, 120 (bolygóvándorlás a Naprendszerben, Hold-kataklizma)
 Cohen, B. A. et al. (2000) *Science* 290, 5497, 1754 (bolygóvándorlás a Naprendszerben, Hold-kataklizma)
 Durisen, R. H. et al. (2004) *Icarus* 173, 417 (hibrid modell, spirális sűrűség hullámok)
 Gomes, R. et al. (2005) *Nature* 435, 466 (bolygóvándorlás a Naprendszerben, Hold-kataklizma)
 Grossman, L. (1972) *Geochim. Cosmochim.* 36, 597 (a kondenzációs sorozat)
 Hartmann, W. K. & Davis D. R. (1975) *Icarus* 24, 504 (bolygóvándorlás a Naprendszerben, Hold-kataklizma)
 Lewis, J. S. (1974) *Science* 186, 440 (a kondenzációs sorozat)
 Looney, L. W. et al. (2006) *Astrophys. J.* 652, 1755 (a preszoláris szupernóváról)
 Malhotra, R. (1993) *Nature* 365, 819 (bolygóvándorlás a Naprendszerben, Hold-kataklizma)

- Margot, J. L. et al. (2007) *Science* 316, 710 (bolygóvándorlás a Naprendszerben, Hold-katakliзма)
- Mizuno C. (1980) *Prog. Theor. Phys.* 64, 544 (magakkréció)
- Szafronov, V. Sz. (1969) *Evoljucija doplanetnogo oblaka i obrazovanyije Zemlji i planet*, Nauka, Moszkva
[Angolul: *Evolution of the Protoplanetary Cloud and Formation of the Earth and Planets*. NASA Reports TT-F-677. (1972)] (az akkréciós modell)
- Tachibana S. & Huss, G. R. (2003) *Astrophys. J.* 588, L41 (a preszoláris szupernóváról)
- Tsiganis, K. et al. (2005) *Nature* 435, 459 (bolygóvándorlás a Naprendszerben, Hold-katakliзма)
- Wasserburg, G. J. (2003) *Ann. Rev. Earth Planet. Sci.* 31, 1 (a preszoláris szupernóváról)
- Weidenschilling, S. J. (1977) *Astroph. Space Sci.* 51, 153 (a minimális szoláris köd definíciója)
- Wilde, S. A. et al. (2001) *Nature* 409, 175 (a legrégebb kőzetek kora)

További olvasmányok

A Naprendszer kozmogóniájának magyar nyelvű ismertetései reménytelenül elavultak. Még az ekkor már egyre elterjedtebb kondenzációs-akkréciós elméletet sem említik. Csupán néhány, a hetvenes években íródott külföldi ismeretterjesztő könyv magyar fordításában találunk modernebb koncepciókat:

Friedemann, Ch. (1974) *A Világegyetem*. Gondolat, Bp.

Francis, P. (1988) *A bolygók*. Gondolat, Bp.

Az óriásbolygók holdjairól és részben eredetükről jó, modern ismertetés:

Illés E. (2005) Holdak a Naprendszerben, in *Csillagászati évkönyv 2006*, MCSE, Bp.

Angol nyelven

Negyedszázados, de rendkívül modern szemléletének köszönhetően ma is jól használható, kiváló, közérthető tankönyv:

Hartmann, W. K. (1983) *Moons and Planets*. 2nd ed. Wadsworth Publishing

Érdekes, közérthető ismertetések a Naprendszer kutatásának új eredményeiből:

<http://www.psr.d.hawaii.edu/>

Barcza Szabolcs

Új eredmények az asztrofizika világából

Jelenleg mintegy 10 000 csillagász dolgozik földgolyónkon, az általuk elért összes jelentős és új eredményről beszámolni néhány oldalon nem lehet. Ezért itt az utóbbi évek tudományos terméséből csak néhány, a szerző számára különösen érdekes témáról lesz szó.

A szupernóva-robbanás

A CCD csipek, a digitális képfeldolgozás és az automata távcsövek elterjedése ugrásszerűen megnövelte a felfedezett szupernóvák számát. A nagy távcsövek elszaporodása pedig lehetővé tette, hogy sokkal több színeképet nyerjünk róluk. Ennek megfelelően finomodott a szupernóvák osztályozása, jóllehet ma is azt a két alaptípust ismerjük, amelyeket I és II római számokkal jelölünk. Az I-est szokás termonukleáris, a II-est gravitációs szupernóvának is nevezni, jelezve ezzel azt a fizikai hatást, amely energiájuk zömét fedezi. A szupernóvák komoly kihívást jelentenek az asztrofizikusoknak: szép, de nehéz matematikai és elméleti fizikai feladat a modellezésük, amelynek a teljes megoldása még csak sejtethető. Az eddig megoldott részletkérdések mellé számos újabb merült fel az utóbbi időkben gyarapodó észlelési anyagnak köszönhetően.

Nem gömbszimmetrikus szupernóva-robbanások

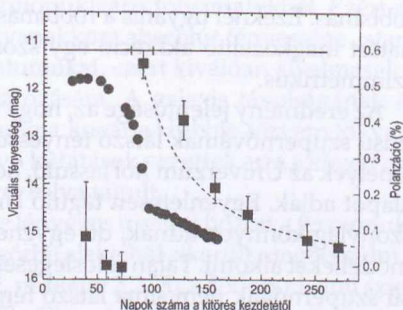
A II-es típusú szupernóvák esetében egy nagy tömegű csillag magja omlik össze, s a felszabaduló gravitációs energia annyira felhevíti a csillagbelsőt, hogy a létrejövő magreakciók lehetővé teszik a külső burok felfénylését, ledobását és neutrínók termelését. A modellek mindaddig gömbszimmetriát tételeztek fel a robbanás során, ami jelentősen leegyszerűsítette a tárgyalást, mert matematikai értelemben két változóval volt dolgunk: az idővel, és a térbeli dimenziót csak a csillag közepétől mért sugár képviselte. Noha vannak homályos pontok, számítógépes szimulációkkal egyértelműen igazolni

lehetett, hogy a csillagmagban a magfúzió leállása, majd a gravitációs kollapszus során felszabaduló energia szétvetheti a csillagot.

Komoly repedés ezen a képen néhány éve akkor támadt, amikor felfedezték, hogy egy kb. $25 M_{\odot}$ -ű csillagból keletkezett szupernóva fénye jelentős polarizált komponenset is tartalmaz, ami csak úgy volt magyarázható, hogy a robbanás nem gömbszimmetrikus. A gömbszimmetriától való eltérés egy helyett a három térbeli dimenzió

figyelembevételét kívánja meg. A numerikus nehézségek részben a sokkal több számítás szükségességéből adódnak, de van még egy nagyon szemléletes ok is: a robbanó csillag anyaga a mélyben felszabaduló energia hatására kaotikusan, szinte össze-vissza tud mozogni, szemben a gömbszimmetrikus modellek egyetlen lehetséges mozgási irányával: vagy ki, vagy be. Ez a kaotikus, örvénylő mozgás fel tudja emészteni azt az energiát, ami a gömbszimmetrikus modellek szétvetéséhez még éppen elegendő. Az elméleti asztrófizikusok nagy nehezen leküzdötték a problémát, de az látszott, hogy az összeroskadó csillagnak feltétlenül nagy tömegűnek kell lennie ahhoz, hogy szupernóvaként felrobbanjon. Ezt a kibúvót zúzta szét a SN 2004dj. A szupernóva fénygörbéje normális II-es típusú, platóval és vállal. Amikor a váll jelenik meg, a 90. nap táján, akkor válik a ledobott burok átlátszóvá, tehát a magot ekkor pillantjuk meg, és ekkor jelent meg a polarizáció (1. ábra). Eszerint bent a mélyben a robbanási folyamat nem volt gömbszimmetrikus, s mindez egy olyan csillagnál, amely a robbanás előtt nem lehetett nagyobb tömegű, mint $12 M_{\odot}$!

Mindezek fényében komolyan kell gondolni arra, hogy a szupernóvák robbanása általában sem gömbszimmetrikus folyamat. Ezt támasztja alá egyébként az a tény is, hogy a pulzárak igen nagy sebességgel mozognak a környező csillagokhoz képest. Ez ugyanis úgy értelmezhető, hogy a neutroncsillag keletkezéséhez vezető szupernóva-robbanás nem gömbszimmetrikusan történt, és az impulzusmegmaradás miatt a visszamaradt neutroncsillag a ledobott anyaggal ellentétes irányú mozgást végez. A kozmológiai standard gyertyának használt Ia típusú szupernóvák abszolút fényességében megfigyelt nagy szórást is okozhatja a nem gömbszimmetrikus



1. ábra. A SN 2004dj fénygörbéje V sávban (körök) és fényének polarizációja (négyzetek).

robbanás. Ezeknél ugyanis a robbanás kiváltó oka, a Chandrasekhar-tömeghatárt megközelítő akkréción egy szomszédos csillagról, eleve nem gömb-szimmetrikus.

Az eredmény jelentősége az, hogy a nagy vöröseltolódású galaxisok Ia típusú szupernóváinak látszó fényességéből származnak azok a távolságok, amelyek az Univerzum hol lassuló, hol gyorsuló tágulásához a megfigyelési alapot adják. Egyenletesen táguló Univerzumot kozmológiai modellek viszonylag könnyen adnak, de egyenetlen tágulásra sokkal nehezebb reális modelleket alkotni. Talán fölöslegesek is ezek az erőfeszítések, ha az Ia típusú szupernóvák nem sima látszó fényesség-vöröseltolódás diagramját abszolút fényességük szórása adja.

Szupernóvák és a gammakitörések

A múlt század hetvenes éveiben felfedezett gammakitörések (GRB-k) forrásai manapság is vitatottak. A hosszú (2 másodpercnél hosszabb időtartamú) kitöréseket sokan szívesen kapcsolták össze nagy tömegű csillagok összeomlásakor keletkező (II-es típusú) szupernóvával. Mivel az elmúlt időszakban számos SN II és GRB vált ismertté, statisztikai vizsgálattal próbálták eldönteni, hogy jogos-e a feltevés. A Hubble űrtávcső több mint ezer megfigyelési óráját felhasználva kimutatták, hogy a hosszú GRB-k optikai utófénylései inkább halvány irreguláris galaxisok legfényesebb tartományaihoz kötődnek, míg a SN II-k egyenletesen oszlanak el spirális és irreguláris galaxisokban.

A GRB 060614 (a 2006. június 14-i gammakitörés) 102 másodpercig tartott, ami figyelemre méltó időtartam. Intenzív vizsgálat sem mutatott ki a helyén szupernóvát, ami sok spekulációt váltott ki azok körében, akik a SN-GRB kapcsolatot látnák szívesen. De a megfigyelési tények tények maradnak, és ezek szerint ejteni kell azt a hipotézist, hogy a II-es típusú szupernóvák hosszú GRB-t keltenek. Marad tehát továbbra is rejtély, hogy mi kelti ezeket a gigantikus gammakitöréseket, amelyek közül akár egy is véget vethetne a földi életnek, ha néhány parszek távolságon belül zajlana le.

A Chandrasekhar-határt meghaladó tömegű fehér törpe?

A ma általánosan elfogadott nézet az, hogy az Ia típusú szupernóvákat az okozza, hogy egy kettős rendszer fehér törpe tagja a másik csillagról anyagot kap, s amikor tömege megközelíti a kritikus Chandrasekhar-tömeget, akkor megszűnik a hidrosztatikai értelemben vett stabilitása, és összeomlik. Mivel a Chandrasekhar-tömeg értéke állandó, a robbanás során mindig

ugyanannyi energia szabadul fel a termonukleáris folyamatokból. Ezért az ilyen szupernóvák nagy és mindig ugyanakkora abszolút fényessége „standard gyertyává” teszi ezeket az objektumokat, ezért kiválóan alkalmasak a szülőgalaxisuk távolságának meghatározására. A galaxis távolságának és vöröseltolódásának összevetésével pedig a lineáris Hubble-törvénytől való eltéréseket is vizsgálhatjuk. Ilyen irányú kutatások vezettek arra a következtetésre, hogy valaha az univerzum gyorsulva tágult.

Az Ia típusú SN 2003fg megfigyelése lényeges újságot hozott a termonukleáris szupernóvák háza táján. A fénygörbe alakjából sikerült megbecsülni a szétvetett, táguló maradvány tömegét, mintegy $2,2 M_{\odot}$ adódott rá, ami szignifikánsan nagyobb, mint a kb. $1,4 M_{\odot}$ Chandrasekhar-tömeg. A kivetett anyag sebessége kisebb, mint az egy átlagos Ia szupernóvában lenni szokott, ami azt mutatja, hogy a Chandrasekhar-tömegnél nagyobb tömegű csillag robbanhatott fel, a színekép azonban egyértelműen Ia típusú robbanásra utal.

Mindez összerakva kételyeket ébreszt, hogy az Ia szupernóvák tényleg standard gyertyák-e. Ha mégsem lennének azok, az egykor gyorsulva tágult univerzum elképzelését fel kell adni; ami csupán néhány kozmológust hozna nehéz helyzetbe, mert kikényszerítheti eddig vallott nézeteik felülvizsgálatát. A másik, sokkal súlyosabb kétely a Chandrasekhar-tömeg kapcsán vetődik fel; ha ez jogosnak bizonyul, akkor a csillagfejlődés végállapotairól szóló elképzeléseket kell teljesen átírni: a SN 2003fg vagy gravitációs szupernóva, de Ia színeképpel, vagy termonukleáris szupernóva akkora induló tömeggel, amekkora a mi tudásunk szerint lehetetlen.

Irodalom

- Leonard, D. C. et al. (2006) *Nature* 440, 505
Fruchter, A. S. et al. (2006) *Nature* 441, 463
Howell, A. D. et al. (2006) *Nature* 443, 308
Zhang, B. (2006) *Nature* 444, 1010

Anomália a Pioneer szondák mozgásában

Az 1972 márciusában felbocsátott Pioneer-10 szonda jeleit 2003 januárjáig tudták fogni, míg az 1973 decemberében kilőtt Pioneer-11 utolsó jele 1995-ből való. Mindkét szonda pályáját a Jupiter módosította, a 10-es most már 90 CSE-nél is messzebb van tőlünk. Amíg tartott a ^{238}Pu bomlási hőjéből származó fedélzeti energiaforrás, addig a Földről küldött rádiójelek hatásá-

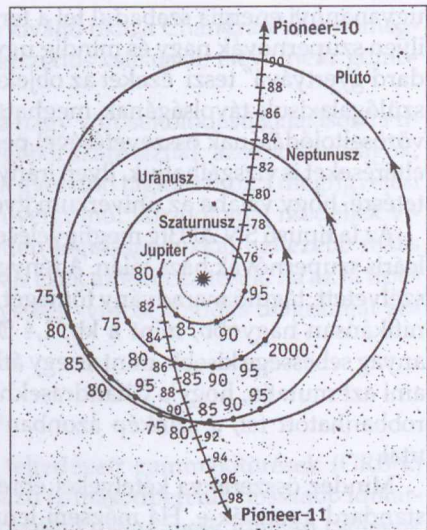
ra a szondák visszhangot adtak, s a visszaérkezési időből nagyon pontosan meg lehetett határozni a pályájukat.

1979 óta feltűnt, hogy a két szonda nem teljesen úgy mozog, ahogy az égi mechanika törvényei a Newton-féle reciprok négyzetes törvény szerint adják, hanem lassabban. A lassulás mértéke $8 \cdot 10^{-8}$ cm/s², tehát tízmillárdszor kisebb, mint a nehézségi gyorsulás a Föld felszínén, és mindössze százazred része a Nap és a többi bolygó együttes hatásának a Naprendszernek ebben a térségében. Ilyen kicsi eltérést a Newton-féle erőtvénnytől laboratóriumban kimutatni nem tudunk (külön nehézség volna, ha az eltérés

csak csillagászati léptékű skálán mutatkozna). Ennek a többletlassulásnak a hatására a szondák ma körülbelül 1 millió kilométerrel közelebb vannak, mint várható volna a Newton-féle erőtvénnyből. A rádiójelek visszhangjában 3 másodperc a késés a közel egynapos oda-visszafutási időben. Ekkora eltérés teljes biztonsággal megfigyelhető volt.

A felfedezett hatás csekély ugyan, de nem hagyja nyugodni a fizikusokat, asztrofizikusokat. Először olyan magyarázatokkal próbálkoztak, hogy a szondákban magukban van a magyarázat, a plutónium bomlástermékei elhagyják a szondát, s ez csekély, de szisztematikus erőt ébreszthet, a pontos számítások azonban kizárták ezt. Szóba jött a napszéllel, és a bolygóközi plazmával való kölcsönhatás is, de egyik sem bizonyult elegendőnek. Kiszámították azt is, hogy a Naprendszer külső térségeiben ez az eltérés a Newton-féle erőtvénnytől milyen megfigyelhető anomáliákat okozna a mostanában sorra felfedezett kis égitestek, a plutínók mozgásában. A lehetséges eltérések kimutatásához azonban legalább 20 év folyamatos megfigyelés kellene.

Egyelőre tehát lehet egzotikusabb magyarázatok után kutatni: szóba jön a sötét anyag és a sötét energia is. Mindkettőt az univerzum nagybani szerkezetének kutatása hozta az asztrofizikusok tudatába, és ma sokan vallják, hogy a látható, vagyis a világító anyag az univerzum tömegének csupán 5%-át adja! (Kritikusabb asztrofizikusok ugyan mondogatják, hogy ez az ál-



2. ábra. A Pioneer szondák pályája

lítás hasonlít azokra a nyilatkozatokra, amelyeket a XIX. század fizikusai, csillagászaik tettek az *éterrel*, a mindent betöltő fluidummal kapcsolatban, amelynek rezgései lettek volna az elektromágneses hullámok. Az éter kimutatására minden kísérlet megbukott, s az elképzelés ma már csak fizikátörténeti könyvekben olvasható.)

F. Zwicky svájci-amerikai csillagász vette észre az 1930-as évek elején, hogy a Coma galaxishalmaz tagjai olyan gyorsan mozognak egymáshoz képest, hogy milliárd éven belül fel kellene bomlania a halmaznak, ha nem volna valami sötét anyag még a világító anyag mellett, ami a gravitációs vonzásával összetartja a halmazt. További megerősítést nyert a sötét anyag hipotézise az 1970-es években, amikor sikerült spirálgalaxisok forgási sebességét megmérni. Az értelmezésnél a 3. Kepler-törvényből az a magyarázat kerekedett ki, hogy ezen galaxisok külső tartományjaiban, ott ahol csillagok már alig vannak, nem világító anyagnak kell lennie. Ezt a képet módosította ugyan az az újabb keletű felfedezés, hogy egyes elliptikus galaxisokban nincs nyoma sötét anyagnak. (Spirálisokban mindig van, elliptikusokban nincs – ez nem egyeztethető össze azzal, hogy univerzális.) Továbbá vannak olyan galaxishalmazok is, amelyek megnyugodtak; „relaxáltak”, tagjaik egymáshoz viszonyított sebessége nem sejtet felbomlást. Ha azonban létezik ez a sötét anyag, amelynek mennyisége ötször meghaladja a látható anyagét, akkor szóba jöhet mint a szondákra ható fékező hatás.

A sötét energia az univerzum tágulásának volna a motorja, és a kozmológia sok aktuális problémáját meg tudná magyarázni. Ha nem tételeznénk fel, az ősröbbanásos modellek nagy bajba jutnának, mert az általuk megjósolt univerzum semmi hasonlóságot nem mutatna azzal, amit ma megfigyelünk. A sötét anyag és energia egyaránt nagyon különleges részecskékből kellene hogy álljon, olyanokból, amelyek elektromosan semlegesek, az erős és gyenge kölcsönhatásban nem, csupán a gravitációban vesznek részt. Az általános relativitáselmélet fogalmaival kifejezve csupán a téridő görbítése a hatásuk, amiről az Einstein-féle téregyenletekben a kozmológiai taggal lehetne számot adni. A megtalálásukra irányuló kísérletek eddig eredménytelenek voltak, ráadásul a rájuk alapozó különböző becslések mindegyike a megfigyelt anomális gyorsulásnak csupán töredékét képes megmagyarázni. De mivel teljesen ismeretlen anyagfajtáról, illetve energiafajtáról volna szó, az első elméleti kudarcoknak nincs perdöntő jelentőségük.

Ha mégis van sötét anyag és energia a környezetünkben, annak hatása laboratóriumi méretekben a mai technikával kimutathatatlan. Viszont hatáskup a Pioneer szondák több mint 30 éves repülési ideje alatt összegződhetett oly mértékben, amennyit e fejezet elején említettünk: százvezred nagyságrendű korrekcióban nyilvánulhat meg a repülési pályán elfoglalt helyben.

Felvetődött, hogy külön ennek az anomális gyorsulásnak a vizsgálatára egy szondát kellene fellőni, ami roppant érdekes eredményre vezethetne. Ha tényleg bebizonyosodna az anomália, és minden más magyarázat elvérezne, csak a Newton-féle reciprok négyzetes erőtörvénytől való eltérés maradna egyedüli lehetséges magyarázatként, akkor az általános relativitáselmélet is revízióra szorulna, aminek gyökeres irányváltás lenne a következménye az univerzumról alkotott mai elképzeléseinkben.

Irodalom

Ball, Ph. (2007) *Nature* 446, 357

Olsen, Ø. (2007) *Astron. & Astrophys.* 463, 393

Lachièze-Rey, M. (2007) *Classical and Quantum Gravity* 24, 2735

Különleges elemgyakoriságú csillagok

Az 1950-es 60-as években egyre jobban sikerült megérteni a csillagszínképeket, és nagy felfedezés volt, hogy a csillagok légkörének kémiai összetétele egyszerű mintát követ. A szoláris összetétel egyfajta etalonnak tekinthető, a különbségek pedig abban állnak, hogy a könnyű elemek (H, D, He, Be, B) és a nehezebb elemek aránya csillagról csillagra különbözhet ugyan, de az elemek egymáshoz viszonyított aránya a könnyű és a nehéz csoporton belül azonos. Kémiaileg különlegesnek mondanak ma is minden olyan csillagot, amelyre az előbbiek nem igazak.

Az Am csillagok rejtélye

Az A színképosztályú csillagok 20-30 százaléka nagyon furcsa légköri összetételt mutat: bizonyos elemek gyakorisága több nagyságrenddel is eltér a szabályos A csillagokéhoz képest. Hiány és többlet egyaránt előfordul. A probléma közel 50 éve ismert, úgyhogy számos javaslat merült fel a magyarázatára. A leghosszabb ideig a diffúziós hipotézis tartotta magát, de ezt is kikezdték a megfigyelések. Ennek a lényege az volt, hogy a különböző elemekre szelektív diffúziós erő hatna, ami nem hagyja a gravitációs leülepedésüket, tehát e csillagok légköre is alapjában véve szoláris összetételű, csak mondjuk az eurórium, vagy éppen a higany és a mangán nem keveredik el egyenletesen a légkörben, hanem fölmegy a tetejére, s ezért erősek a színképvonalai. Ehhez azonban olyan nyugodt légkör kellene, amilyen nincs az Am csillagok körében.

Egyre bonyolultabb modelleket építettek fel kutatók, amelyeknek sebezhető pontjait egyre nehezebb megtalálni. Közben kiderült, hogy az Am csillagok mind lassan forognak, s szinte kivétel nélkül kettős vagy többes rendszer tagjai, de ezen tények kapcsolata a megfigyelt különlegességekkel nem világos. A legújabb modell már szabálytalan mágneses mezőt tételez fel a csillag külső részeiben, s ez befolyásolná az akkréciót a környezetből, s radiatív levitáció (lebegés) is föllépne, a diffúzió pedig csak másodlagos volna.

Manapság minden kozmogóniai modell az ősrobbanás után egy gyors elemkeletkezési folyamatot tételez fel, amelynek során a nagy tömegű csillagok hamar előállítják a ma megfigyelt szoláris összetételt, homogén módon, galaxisnyi méretskálán. Ebbe a képbe nem illenek bele az Am csillagok, hacsak különleges légköri összetételük nem valami másodlagos fizikai folyamat terméke. Ha nincs ilyen másodlagos fizikai folyamat, az egész kozmogóniai modell megbukhat.

Ultrahideg fehér törpék és a fehér törpék tömege

A fehér törpék nem túl nagy tömegű csillagok fejlődésének végállapotai. Termonukleáris folyamatok már nem zajlanak bennük, elméleti oldalról szerkezetüket jól ismerjük. A már megszűnt magreakciók és a gravitációs összehúzódás miatt a belsejük meleg, s ezt a maradék hőt sugározzák ki szép lassan: halványulnak és egyre vörösebbek lesznek. Fejlődési útvonalluk a Hertzsprung–Russell-diagramon, vagyis hűlési szekvenciájuk kiszámítható. Ezt meg is lehet figyelni olyan halmazokban, amelyekben sok fehér törpe van. A gondot most az a megfigyelés okozza, amely szerint $T_{\text{eff}} \sim 3000$ K effektív hőmérsékletű fehér törpék is találhatóak a környezetünkben. Az ennyire hideg fehér törpék kora – a sokszorososan ellenőrzött hűlési modellek szerint – többszöröse az ősrobbanás óta eltelt időnek: öregebbek volnának, mint az univerzum, ami nyilván képtelenség.

Az ellentmondás feloldásra tett kísérletek eddig nem vezettek sikerre. Ha nagyon kis tömegű ($\sim 0,25 M_{\odot}$) fehér törpék volnának, akkor lehetnének olyan vörösek és halványak, amilyenek, de az univerzum egész kora nem elég arra, hogy egyáltalán kialakuljanak. Ha kettős rendszer tömeget vesztett tagjai volnának, akkor látni kellene legalább egy esetben valami jelét a másik csillagnak, például a színeképben, mert e fehér törpék nagyon halványak, luminozitásuk eltölpül minden fősorozati csillagé mellett. Radiális sebesség változása sem utal kettősségre.

Másik elgondolkasztató újság a fehér törpékről, hogy a Sloan digitális égboltfelmérés során közzétett 4-es számú adatsomagban egy kutatócsoport

7167 DA és 507 DB fehér törpét azonosított. (A DA törpék színeképében csak hidrogén, DB-kében pedig csak hélium vonalai látszanak.) Ezek mind 19-20 magnitúdós csillagok, a korábbi vizsgálatok számára nem voltak elérhetőek. Körülbelül a harmaduknak meghatározták a tömegét színeképük és a szerkezetükre vonatkozó modellek alapján.

A DA-k átlagos tömegére $0,593 \pm 0,016 M_{\odot}$, míg a DB-kre $0,711 \pm 0,009 M_{\odot}$ adódott. Itt nemcsak az a rejtély, hogy miért annyira egyforma az azonos típusúhoz tartozó fehér törpék tömege, hanem az is, hogy miért különbözik a két alaptípusra. Vannak, vagy talán jobb úgy mondani, voltak olyan modellek, amelyek arra épültek, hogy a DA-k tulajdonképpen kihűlt DB-k. Ezeket a modelleket alighanem ejteni kell. De még akkor is marad a kérdés, hogy mi állítja be ilyen pontosan e csillagfejlődési végtermékek tömegét. A fehér törpe állapot eléréséig ugyanis nagyon heves és változatos folyamatok zajlanak le, amelyek során például több naptömegnyi veszteség is része az elméleti forgatókönyvnek, a végeredmény azonban egy (asztrofizikai értelemben) patikamérleggel beállított tömegű égitest.

A mintában $1,33 M_{\odot}$ és $\log g = 10$ volt a felső rekord. Közvetlen környezetünkben a kettősökben előforduló fehér törpék (Sirius B, Procyon B) tömege $1 M_{\odot}$, vagy több, duplája az egyedül előforduló fehér törpék tömegének. A rendszeren belüli tömegcsere lehet ennek oka, de egy-egy egyedülálló fehér törpe ennyire eltérő tömege valamilyen ismeretlen hatásra utal, ami nem szerepel még elméleti modelljeinkben. Átlagos fehér törpéknél $\log g \sim -8$ (g -t cgs, tehát cm/s^2 egységekben kell érteni, vagyis $g = 10^{10} \text{ cm/s}^2 = 100\,000 \text{ km/s}^2$). A $\log g = 10$ -ről annyit érdemes megjegyezni, hogy ez több százezerszerese egy fősorozati csillag felszíni nehézségi gyorsulásának. Szemléltetésül annyit, hogy egy ilyen fehér törpe közelében elejtett próbatest 1 másodperc alatt a fénysebesség harmadára gyorsulna.

Irodalom

- Böhm-Vitense, Erika (2006) *Publ. Astron. Soc. Pacific* 118, 419
Kepler, S. O. et al. (2007) *Monthly Notices RAS* 375, 1315
Gates, E. et al. (2004) *Astrophys. J.* 612, L129

Kun Mária

A galaktikus csillagászat újdonságaiból

Gigantikus molekuláris hurkok a Tejútrendszer centrumában

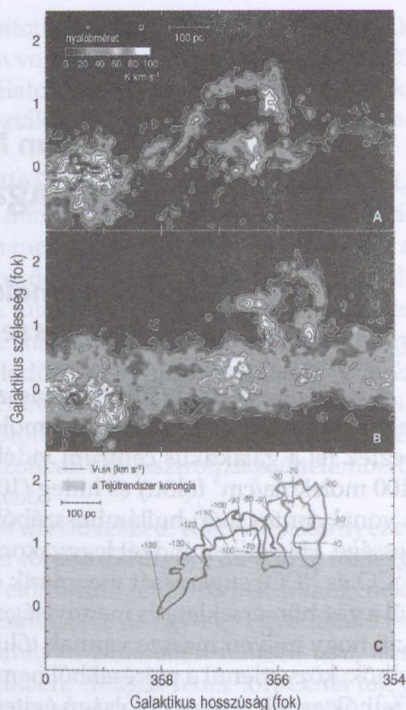
A nagoyai egyetem rádiócsillagászai 4 méteres átmérőjű NANTEN rádióteleszkópjukkal a szén-monoxid molekula 2,6 mm-es sugárzásában térképezték fel a galaktikus centrum vidékét. Ez a vonal a csillagközi gáz sűrű (100 molekula/cm³ fölött) és hideg (100 K alatt) tartományában keletkezik. A vonal pontos mért hullámhosszából meghatározható a gáz látóirányú sebessége. Ha pedig mindkét leggyakoribb szénizotópot tartalmazó molekula (¹²CO és ¹³CO) sugárzását megméri egy adott irányban, akkor a mérésekből a gáz hőmérséklete és mennyisége (oszlopsűrűsége) is meghatározható. Azt, hogy milyen messze vannak tőlünk a szénmonoxid-vonalat kibocsátó felhők, közvetlenül a mérésekből nem lehet megmondani. A gáz sebessége, a felhők egyéb, ismert távolságú égitestekkel való megfigyelt kölcsönhatása segít a távolság meghatározásában.

A galaktikus centrum szénmonoxid-térképein két óriás, hurokszerű alakzat rajzolódik ki. Az 1. ábra felső és középső részén látható a két hurok szénmonoxid-térképe, ahogyan a 4 m-es NANTEN teleszkóp látta, az alsó ábra pedig a hurkok sebességeloszlását mutatja. Jól látható, hogy hurkokban a gáz sebessége nagyon széles tartományon változik. A hurkok talppontjainál különösen szélesek a szénmonoxid-vonalak: a gáz sebessége -40 és +80 km/s közt változik. Ekkora sebességgradiens nem mérhető a galaktikus centrumon kívül. A galaktikus síkban bármely irányban csak 10 km/s nagyságrendű sebességtartományok figyelhetők meg. Ez azt mutatja, hogy a hurkok nem véletlenül a centrum irányába vetül előtérobjektumok, hanem tényleg ott is vannak, tőlünk mintegy 8,5 kiloparszekre. Megfigyelt szögmereteik ekkor 500 és 300 pc-es hosszúságnak és 30 pc vastagságnak felelnek meg. Magasságuk a galaktikus sík fölött kb. 220, illetve 300 parszek, sokkal nagyobb, mint a Tejútrendszer centrális molekuláris korongjának 100 pc-es tipikus vastagsága. Az 1. huroknak 250 pc-es hossza mentén 80 km/s-mal változik a látóirányú sebessége, a 2. számúnak pedig 150 pc-en 60

km/s-mal. A ^{13}CO és ^{12}CO adatokat kombinálva meghatározták a hurkokban levő gáz hőmérsékletét és tömegét: átlagosan 50 K hőmérsékleten a kettő együtt 170 000 naptömegnyi gázt tartalmaz. Egy-egy hurok teljes kinetikus energiája mintegy $9 \cdot 10^{50}$ erg. Ennyi energiát egy szupernóva nem képes átadni a csillagközi anyagnak, tehát a hurkokat bizonyára nem szupernóva-robbanás hozta létre. Sőt, az sem valószínű, hogy több szupernóva együttes hatására létrejött ún. szuperbuborékot látunk, mivel azokban sokkal kisebb a sebességkülönbség.

Yasuo Fukui és munkatársai a mágneses tér hatásaival, az ún. Parker-instabilitás kialakulásával magyarázzák a hurkok létrejöttét és megfigyelhető tulajdonságait. A galaktikus mágneses tér a centrum környékén sokkal erősebb, mint másutt. Mivel a molekuláris anyagot is tartalmazó gáz elektromosan nem teljesen semleges, a mágneses tér képes a gáz nagy léptékű szerkezetének és mozgásának befolyásolására. A részben ionizált gázba „befagy” a mágneses tér, azaz az anyag és a tér együtt mozognak. A Parker-instabilitás olyan gázrétegben alakul ki, amelyet a gravitációval szemben részben a horizontális mágneses tér stabilizál. Térbeli zavar hatására a gáz hullámmani kezd, és magával viszi a befagyott mágneses teret. Az óriás hurkokat a mágneses tér emelhetette ki a Galaxis molekuláris korongjából. A nagy sebességgradiens az erővonalak mentén a korongba visszahulló gáz mozgását tükrözi. A galaktikus sík gravitációs hatására lefelé gyorsuló gáz legnagyobb sebességét a talppontok közelében éri el. A talppontoknál lökéshullámok lépnek fel, amelyek magas hőmérsékletre fűtik a gázt.

A kutatók megbecsülték, milyen méretű és élettartamú hurkokat hozhat létre a Parker-instabilitás a Tejútrendszer központi tartományának megfele-



1. ábra. A felső és a középső ábra a két molekuláris hurok szénmonoxid-térképe, az alsó ábra pedig a hurkok mentén megfigyelt látóirányú sebességet mutatja (Fukui et al. 2006).

lő környezetben. A gázréteg tömegén, sűrűségén és ionizációs fokán kívül fontos szerepe van a nyomás változásának a síktól távolodva. A modellek jó egyezést mutatnak a megfigyelésekkel.

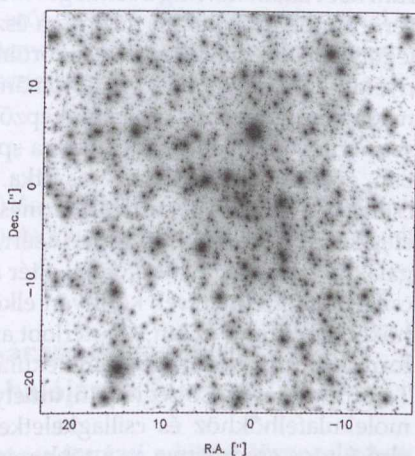
A hurkok természete hasonló a napkoronában megfigyelt mágneses hurkokéhoz, amelyek a fotoszféra granuláiban gyökereznek, és szintén a mágneses tér emeli fel őket. A galaktikus centrum hurkai azonban mintegy 12 nagyságrenddel nagyobbak a Napon megfigyelhető rokonaiknál, és élettartamuk is hasonlóan hosszabb.

Irodalom

Fukui Y. et al. (2006) *Science* 314, 106

A Tejútrendszer központi területe

R. Schödel és munkatársai a Tejútrendszer központja körüli 1 parsekes területet térképezték fel közeli infravörös hullámhosszakon a VLT ISAAC kamerájával, adaptív optikával, soha nem látott szögfelbontással (2. ábra). Meghatározták a csillagsűrűséget és a diffúz háttérfény intenzitását. Részletes térképet közölnek a csillagközi fényelnyelés felületi eloszlásáról is. A centrális csillaghalmaz tömegére sokkal nagyobb értéket kaptak, mint korábban mások ugyanerre a térfogatra. A csillagok az össztömeg felét tartalmazzák. Valószínűleg csillagtömegnyi fekete lyukak is vannak a centrális parsekben. A csillagok tömeg szerint szétválnak: középen vannak a legnagyobb tömegűek. A Sgr A* rádióforrás (a Tejútrendszer dinamikai középpontja) körüli legbelső 6 ívmásodpercen belül (0,22 parseknek felel meg) a tömegsűrűség 2,8 millió $\mathcal{M}_{\odot}/\text{pc}^3$. Sok sűrű csomó is látható a halmazban, különösen 3 és 7 ívmásodpercre a Sgr A*-tól. Ezek ter-



2. ábra. A Tejútrendszer centrális $40'' \times 40''$ -es tartományáról a VLT ISAAC kamerájával 2,3 mikrométeren adaptív optikával készült kép, a pixelméret $0,027''$. A kép közepe egybeesik a Sgr A* rádióforrás pozíciójával (Schödel et al. 2007).

szer dinamikai középpontja) körüli legbelső 6 ívmásodpercen belül (0,22 parseknek felel meg) a tömegsűrűség 2,8 millió $\mathcal{M}_{\odot}/\text{pc}^3$. Sok sűrű csomó is látható a halmazban, különösen 3 és 7 ívmásodpercre a Sgr A*-tól. Ezek ter-

mészete tisztázatlan, valószínűleg újonnan keletkezett csillagok. Az extinkció térbeli szerkezetében is vannak változások. Arra lehet következtetni, hogy a legbelső egy ívmásodpercből nagyenergiájú kifúvás indul.

Irodalom

Schödel, R., et al. (2007) *Astronomy & Astrophysics*. 469, 125

Fiatal csillaghalmaz a Tejútrendszer szélén

A Tejútrendszer külső régióiban, a Naptól kifelé haladva a csillagközi anyag sűrűsége gyorsan csökken. Különösen érvényes ez a molekuláris gázra, amelynek ismereteink szerint mintegy 90%-a a Nap és a galaktikus centrum közt található. Míg a semleges hidrogén külső határa 24–25 kpc-re van a centrumtól, molekuláris gázt nem észleltek 20 kpc-en túl. A Tejútrendszer legtávolabbi régióiban a fizikai körülmények nagyon mások, mint itt a környékünkön vagy a belsőbb tartományokban. A ritka gázban nem kedveznek a körülmények a molekulaképződésnek. Kevesebb a felhőütkezés és a szupernóva-robbanás, gyengébb a spirálkarok hatása, mint a belső régiókban, ezért a csillagkeletkezés is ritka. A molekuláris gáz és a hozzá kötődő csillagkeletkezési folyamatok természetéről a külső galaktikus régiókban elég kevés adat van, elsősorban azért, mert a gázréteg alakja, helyzete nagy galaktocentrikus távolságoknál eltér a síktól, így a síkra koncentrált rádiócsillagászati felmérések könnyen elkerülik az esetleges távoli molekulafelhőket. Jan Brand és Jan Wouterloot az 1980-as évek végén olyan infravörös források környékén kezdett molekulafelhőket és csillagkeletkezést keresni a Tejútrendszer külső régióiban, amelyek a belső tartományokban általában molekulafelhőkhöz és csillagkeletkezéshez társulnak. Vizsgálataik egyik első fontos eredménye az a több mint 1300 objektumot tartalmazó katalógus, amely a külső Tejútrendszerben IRAS pontforrásokhoz társuló molekulafelhők alapvető adatait tartalmazza (Wouterloot és Brand, 1989 – WB89). A felhők mért látóirányú sebességéből becsült távolságok azt mutatják, hogy a legtávolabbiak nagyjából 20 kpc-re vannak a Tejútrendszer centrumától. Ezeknek a molekulafelhőknek későbbi, behatóbb vizsgálata eredményezte egy távoli fiatal csillaghalmaz felfedezését. A halmaz a WB89–789 jelű molekulafelhőhöz társul, amelynek sebessége 20,2 kpc-es galaktocentrikus távolságot sugall. Az újonnan felfedezett csillagcsoport tehát a molekuláris korong szélén van, több mint kétszer olyan messze a galaktikus

centrumtól, mint a Nap, 11,9 kpc-re tőlünk. A szerzők közeli infravörösben végzett fotometriai mérésekkel 60 halmaztagot azonosítottak. 14 csillagnál a fiatal, fősorozat előtti csillagokra jellemző infravörös többletet mértek, és találtak három mélyen felhőbe ágyazott, ún. 1. osztályú protocsillagot is. A halmaztagok Hertzsprung–Russell-diagramja is jól összeegyeztethető a felhő látóirányú sebességéből meghatározott távolsággal. Nagy szögfelbontású milliméteres rádiócsillagászati mérésekkel kimutatták, hogy a halmaz egy kb. 1000 naptömegnyi molekulafelhőben van. A molekuláris mérések a halmaz közepéről nagy sebességgel kiáramló gázt is kimutattak, ami a csillagkeletkezés ismert velejárója. A megfigyelési adatok egyértelműen azt mutatják, hogy a halmaz nagyon fiatal, és a beágyazó felhőben jelenleg is folyamatban van a csillagkeletkezés. Ennek fényében nagyon meglepő eredményt adott a halmaz közepén található, ködbe ágyazott csillag spektroszkópiai vizsgálata. Kiderült, hogy ez a halmaztag K típusú óriás, amelynek kora legalább 20 millió év. Eszerint a halmaz térfogatában legalább ennyi ideje folyik a csillagkeletkezés. Nem ismeretlen jelenség, hogy egy felhőben kialakult fiatal csillagok erős szele a felhő összenyomásával további csillagkeletkezést indukál a környezetében. Ennek következtében a létrejövő csillagcsoport tagjai nem lesznek egyidősek.

Irodalom

- Brand, J. & Wouterloot, J. G. (2007) *Astronomy & Astrophys.* 464, 908
Wouterloot, J. G. & Brand, J. (1989) *Astronomy & Astrophys. Suppl.* 80, 149

A Sagittarius-áram csillagai – a Tejútrendszer halójának forrása?

Galaxisunk halójának egyik lehetséges forrásai a kísérő törpegalaxisok. Ezek csillagai azonban sem korban, sem fémességben nem egyeznek a Tejútrendszer halójának csillagaiéval. Azok a csillagok azonban, amelyek már régen kiszakadtak a törpegalaxisokból, lehet, hogy egészen más tulajdonságúak, mint a maradványok. A Sagittarius törpe elliptikus galaxis különösen érdekes ebből a szempontból. A galaxisnak még jelentős maradvány-magja van, és ezzel egy időben kiszakított csillagai az egész égbolton megfigyelhetők. Ezekből a csillagokból áll a Sagittarius-áram. A törpegalaxis bomlása tehát még folyamatban van. A befogott csillagok és a megmaradt galaxismag csillagainak kémiai összetételét összehasonlítva megfejtethető a törpegalaxis

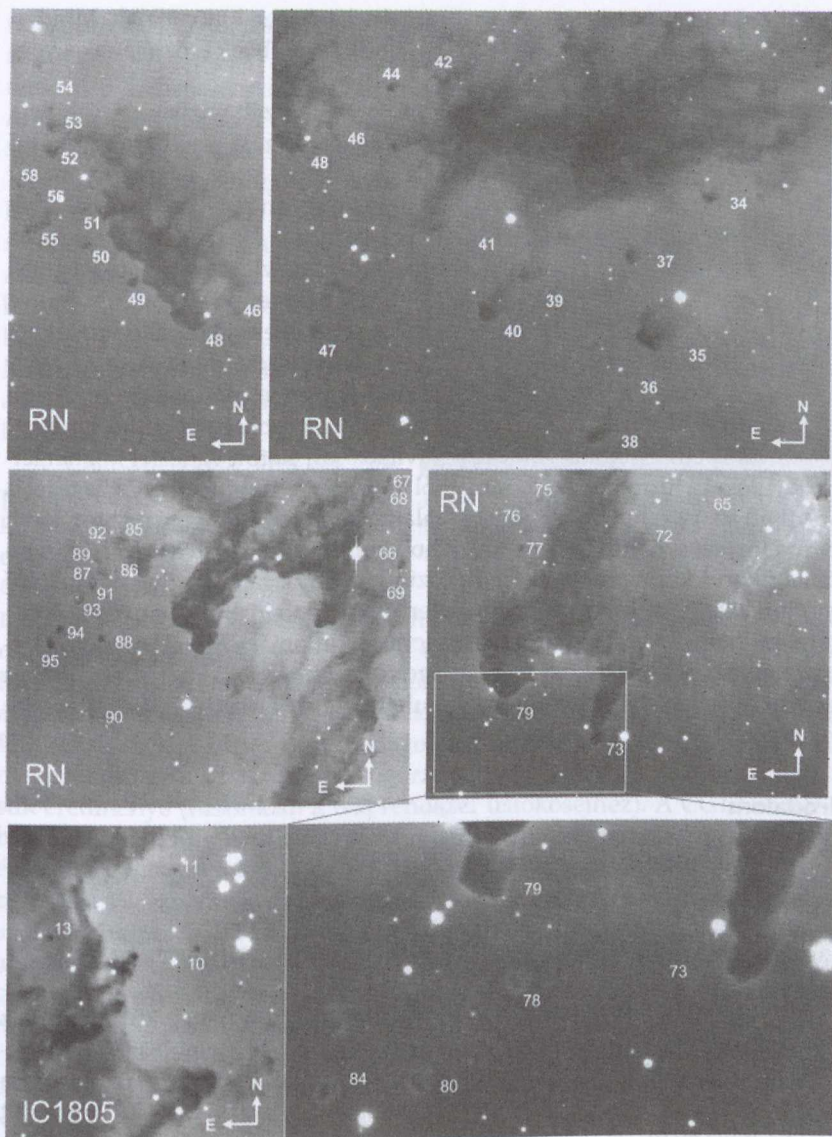
csillagkeletkezési története, és közelebb juthatunk a válaszhoz arra a kérdésre is, hogy vajon Galaxisunk halója a kísérő törpegalaxisokból befogott csillagokból alakult-e ki. L. Monaco és munkatársai nagy felbontású spektroszkópiai mérésekkel meghatározták a Sagittarius-áram 67 vörös óriáscsillagának radiális sebességét, és 12-ben néhány nehéz elem gyakoriságát is. Azt az eredményt kapták, hogy a vizsgált csillagok átlagosan fémszegényebbek, mint a törpegalaxis magja, amely a Naphoz hasonló fémtartalmú csillagokból áll. Sokkal nagyobb minták kémiai összetételének vizsgálatára van azonban szükség annak eldöntésére, hogy a Tejútrendszer és a Sgr törpegalaxis régebbi találkozásai során befogott, fémszegényebb csillagok jelentősen hozzájárultak-e a galaktikus haló populációjához vagy nem.

Irodalom

Monaco, L. et al. (2007) *Astronomy & Astrophys.* 464, 201

Globulették: a barna törpék és bolygótömegű égitestek lehetséges születési helyei

Néhány ionizált hidrogénfelhő (HII-zóna) területén nagyon kicsi, sötét felhők figyelhetők meg a fényes háttéren. Mivel nagyobb méretű rokonokat globuláknak nevezi a szakirodalom, Gösta Gahm és munkatársai (Stockholm Observatory) globulettéknek nevezték el ezeket a kicsi felhőket. A globulákkal ellentétben, amelyekben gyakran figyelhető meg csillagkeletkezés, egyetlen ismert globulett sem tartalmaz beágyazott csillagot. A 3. ábrán néhány globula és globulett látható a Rosetta-köd és az IC 1805 fényes háttere előtt. A kép H α szűrővel készült a 2,5 m-es Nordic Optical Telescope-pal. Gahm és munkatársai összesen 173 ilyen nagyon kis felhőt vizsgáltak meg 10 óriás HII-zóna körül. A H α szűrővel készített képeken megvizsgálták a globulették méretét, alakját és a HII-zóna gerjesztő csillagától való távolságukat. A háttér fényességének gyengítéséből meghatározták a fényelnyelő por mennyiségét bennük. A por mennyiségéből következtetni lehet a globulették tömegének legnagyobb részét kitevő gáz tömegére is. A vizsgálatok azt mutatják, hogy a globulették átlagos sugara 2500 CSE, és nagyon kevés anyag van bennük: többségük kisebb 13 jupitertömegnél. Csillag biztosan nem keletkezik bennük. A globulették egy része nagyobb struktúrákhoz, a HII-zónát szegélyező sötét felhőről lefűződő „elefántormá-



3. ábra. Globulák, elefántormányok és globulették a Rosetta-ködben és az IC 1805-ben (Gahn et al. 2007).

nyokhoz” kapcsolódik, míg vannak, amelyek teljesen különállóak. Minden esetben úgy látszik, hogy a nagyon kis felhők nagyobbak eróziójának a végtermékei.

Mind a globulák, mind a globulették forró, ionizált gázban úszó hideg, sűrű felhőszigetek. A globulákban a csillagkeletkezést segíti a nagy külső nyomás. Felmerül a kérdés, hogy mi a globulették sorsa a nagy nyomású környezetben. Két eset lehetséges: (1) mivel nagyon picik, a forró csillagok sugárzása és szele teljesen elpárologtatja és szétfújja őket; (2) még mielőtt ez bekövetkezne, a nagy nyomású környezetben gravitációsan kötött égitestekké húzódnak össze. Saját gravitációs terük nem lenne elég ehhez, fontos a külső nyomás. Gahm és munkatársai a rendelkezésükre álló adatokból megbecsülték a globulették elpárolgási és szabadesési idejét. Arra az eredményre jutottak, hogy a külső nyomást is figyelembe véve a szabadesési idő alig negyede az elpárolgási időnek. A globulették többsége 1 millió évnél rövidebb idő alatt instabillá válhat és gravitációsan kötött égitestet hozhat létre. Ráadásul a forró csillagok irányából még a sugárnyomás és a csillagszél is segítheti az összehúzódást. Az így kialakuló égitestek tömege nagyon kicsi: barna törpék születhetnek és olyan bolygótömegű égitestek, amelyek nem csillag körül keringenek, ezért valószínű, hogy a valódi bolygóktól eltérő módon keletkeztek. Az utóbbi években egyre több ilyen magányos bolygótömegű égitest felfedezéséről szerezhettünk tudomást. Mivel bolygótömegnyi anyag a csillagközi tér átlagos körülményei közt nem képes gravitációsan instabillá válni, a globulették léte válasz lehet keletkezésük rejtélyére.

Irodalom

Gahm, G. F. et al. (2007) *Astron. J.* 133, 1795

Csillagkeletkezési régiók röntgensugárzása

A Nap fiatal, néhány millió éves rokonait nagyon nehéz kiválogatni az öregebb csillagok közül. A csillagok nagy része 10–100 tagú laza csoportokban keletkezik, és ezek a csoportok nagyon rövid életűek, gyakran már a csillagkeletkezés végére szétesnek. A fiatal csillagok laza, széteső csoportjait nehéz felfedezni, ha már nincs a közelükben szülő felhőjük. A röntgenobszervatóriumok már jó néhányszor bizonyították hatékonyságukat a fiatal csillagok keresésében. A fősorozat előtti, T Tauri típusú csillagok átlagos röntgenfényessége mintegy 500-szorosa egy öregebb Nap típusú csillagé-

nak, ezért a csillagok röntgensugárzásának mérése jó lehetőséget teremt e csillagok azonosítására. A ROSAT fedezte fel a TW Hydrae asszociáció és a Chamaeleon-felhők 10 millió év körüli korú, nagy területen szétszórt tagjait, a Chandra röntgenobszervatórium is sok új fiatal csillagot talált az Orion-ködben, számos felhőmagban, halmazban és asszociációban, az XMM-Newton pedig a Felső Scorpius asszociációban és a Taurus molekulafelhőben.

A Chandra egyik érdekes célpontja volt a CG12 jelű üstökös alakú globula a déli égbolton, a Vela csillagképben. Ebben a felhőben a Chandra mérései előtt öt, 2–7 naptömegű fősorozat előtti csillagot és három beágyazott, kialakulóban levő csillagot azonosítottak. Maga a felhő több szempontból is rendkívül rejtélyes. Először is mintegy 200 parszekkel a galaktikus sík fölött található, ahol alig vannak csillagkeletkezési területek. Az üstökös alakú globulák általában HII-zónák szélén, forró, fiatal csillagok közelében vannak. Üstökös-szerű megjelenésük a közeli csillagok sugárzásával és szelével való kölcsönhatásuk eredménye (hasonlóan a Naprendszer üstököseihez). A CG12 közelében azonban eddig nem találtak nagy energiájú csillagcsoportot. További érdekesség, hogy a felhő „csóvája” áll a galaktikus sík felé, és „feje”, amelyben csillagok születnek, a magas galaktikus szélességű oldalon (4. ábra). Ez arra utal, hogy a CG12-t magas galaktikus szélességek felől érte olyan lökés, amelynek hatására csillagkeletkezés kezdődött benne. Márpedig a forró csillagok, amelyekről ilyen hatás várható, többnyire a galaktikus síkban vannak.

Konstantin Getman és munkatársai a Chandra megfigyeléseit elemezve a csillagkeletkezés további szokatlan, a folyamatról alkotott elméleteknek elmentmondó tulajdonságait fedezte fel a CG12-ben. Több mint 50 új T Tauri típusú csillagot és egy új beágyazott csillagot találtak. A legtöbb újonnan felfedezett csillag tömege 0,2 és 0,7 naptömeg közt van. A 2MASS adatbázissal összehasonlítva kiderült, hogy 9–15%-uk mutat infravörös többletsugárzást, ami a tömegbefogási korong, és ezzel együtt a fiatal kor nyomjelzője.



4. ábra. A CG12 üstökös alakú globula a Digitized Sky Survey képen. A négyzetek a Chandra-képek látómezőit mutatják (Getman et al. 2007).

A csillagkeletkezés határfoka a felhőben 15–35%, ami sokkal magasabb, mint a hasonló globulákban eddig megfigyelt érték. (A csillagkeletkezés határfoka azt méri, hogy a felhőnek mekkora tömeghányada alakult csillagokká. Az átlagos érték néhány százalék.) A CG12-ben talált T Tauri csillagok átlagos kora 4 millió év, de a korok nagyon tág határok, 1 és 20 millió év közt szórnak, és a beágyazott csillagok jelenléte azt mutatja, hogy a csillagkeletkezés még nem fejeződött be.

A fiatal csillagok $5 \times 5 \text{ pc}^2$ területen oszlanak el, míg a felhő területe $1 \times 2 \text{ pc}^2$. Ez azt bizonyítja, hogy a felhő eredetileg nagyobb volt. A hosszú csillagkeletkezési idő rendkívül szokatlan egy láthatóan kívülről összenyomott globulában, és ellentmond a csillagkeletkezés újabb elméleteinek, amelyek szerint egy felhőben a csillagkeletkezés időtartama összemérhető az ún. áthaladási idővel. Ez az idő a felhő méretének és molekulái átlagos sebességének hányadosa. A CG12 áthaladási ideje kb. 2 millió év, mintegy tizede a ténylegesen megfigyelt csillagkeletkezési időnek. Vagy folyamatos csillagkeletkezés zajlik a felhőben már 20 millió éve, vagy több, rövidebb csillagkeletkezési epizódban születtek a csillagok. Egyiket sem könnyű megmagyarázni, és a rendelkezésre álló adatok nem kínálnak egyértelmű megoldást. A külső nyomás egyik esetleges forrása lehet az az óriás infravörös buborék, egy régi szupernóva-maradvány, amelyet Könyves Vera és munkatársai találtak a Tejútrendszernek ebben a régiójában. Egy másik lehetőségre néhány, a CG12 közelében látszó B-típusú csillag hívta fel a kutatók figyelmét. Lehet, hogy ezek a csillagok egy öreg OB-asszociáció maradványai, amelyek legnagyobb tömegű tagjai már szupernóvaként felrobbantak az elmúlt 20 millió év során.

Irodalom

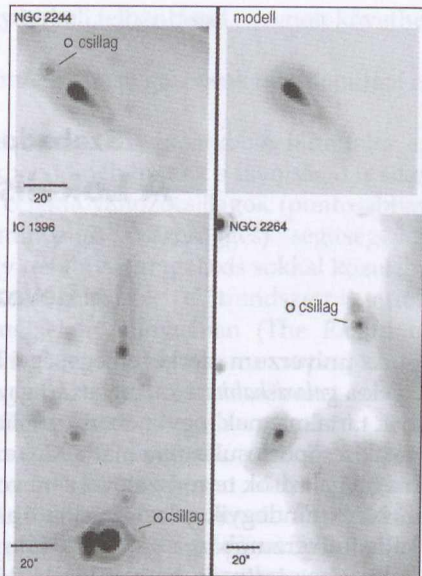
Getman, K. et al. (2007), *Astrophys. J.* megjelenés alatt

Könyves V. et al. (2007) *Astron. & Astrophys.* 463, 1227

A bolygók a biztonságos környezetet szeretik

Ahhoz, hogy bolygó szülessen egy csillag körül, nyugodt kozmikus környezetre van szükség. A forró, O típusú csillagok környezete nem ilyen. Ezek a csillagok rengeteg ultraibolya fotont és nagy energiájú részecskét bocsátanak ki, és ilyen módon elpárologtatják és szétfújják a közelükben született csillagok protoplanetáris korongjait, a bolygók potenciális alapanyagát. A forró csillagóriások mindig sok kisebb tömegű, Nap típusú csillagot is tar-

talmazó népes halmazok legfényesebb tagjaiként születnek. Balog Zoltán és munkatársai a Spitzer űrtávcső nagy érzékenyséű MIPS infravörös kamerájával készített képeken azt vizsgálták, hogy az O típusú csillagokat is tartalmazó fiatal nyílthalmazokban megfigyelhető-e protoplanetáris korongok a kisebb tömegű halmaztagok körül, és a forró csillagoktól milyen távolságban van esély a korongok hosszú távú fennmaradására. A kutatók azt várták, hogy az O-csillagok közelében csak korong nélküli csillagokat találnak. Ehelyett azonban sikerült elkapniuk azt a rövid, átmeneti állapotot, amikor a korongok éppen elpárolognak. Három halmazban, az NGC 2244-ben, az NGC 2264-ben és az IC 1396-ban fedeztek fel O-csillagok közelében egy-egy csillag körül üstökös alakú, párolgó korongot (5. ábra). A mérésekből megbecsülték a korongok tömegvesztési ütemét. Az eredmények összhangban vannak az elméleti elvárásokkal, és azt bizonyítják, hogy a forró csillagok közelében kedvezőtlenek a bolygókeletkezés feltételei.



5. ábra. Üstökös alakú, elpárologó protoplanetáris korongok O-csillagok közelében az NGC 2244, NGC 2264 és az IC 1396 nyílthalmazokban. A jobb felső kép az NGC 2244-beli objektum elméleti modellje (Balog et al. 2006)

Irodalom

Balog Z. et al. (2006) *Astrophys. J.* 650, L83

Szabados László

A Lokális csoport

Bevezetés

Az univerzum szerkezeti egységei közül a legnagyobb stabil képződmények a *galaxishalmazok*. Az igazán gazdag galaxishalmazok több ezer galaxist tartalmaznak egy néhány millió fényév átmérőjű térségben. Ilyen galaxiscsoportosulásokra már a XIX. században is felfigyeltek, de akkoriban még a galaxisok természetével sem voltak tisztában.

Nem mindegyik galaxis található azonban galaxiscsoportosulásban. A lokális univerzumban a galaxisok túlnyomó többsége (85%-a) nem galaxishalmazhoz tartozik, hanem kisebb létszámú galaxiscsoportokhoz, de izolált galaxisok is előfordulnak. Míg a gazdag, több ezer galaxist tartalmazó galaxishalmazok az anyag legnagyobb sűrűségű koncentrációi, a legfeljebb néhány tucat galaxis alkotta galaxiscsoportok a galaxishalmazokat összekapcsoló szálakat jelentik az univerzum nagyléptékű szerkezetében.

A csillagászat népszerűsítésében méltatlanul kevés figyelmet fordítanak a galaxisok Lokális csoportjára, vagyis a galaxisoknak arra a fizikailag összetartozó rendszerére, amelyben a Tejútrendszer is található. Tagjai közül az Andromeda-köd és a Nagy Magellán-felhő látványos, egyedi galaxisokként csaknem mindig szerepelnek a Tejútrendszeren túli világot bemutató művekben, de a Lokális csoport mint rendszer fontosságával, az extragalaktikus csillagászatban és a kozmológiában betöltött szerepével ugyanott nemigen foglalkoznak. E hiányosság részbeni pótlásának szándékával született meg ez a tanulmány. Aktualitását mi sem jelzi jobban annál a ténynél, hogy a legutóbbi három évben a Lokális csoport majdnem annyi újabb tagját fedezték fel, mint az azt megelőző fél évszázadban, s ezzel 50 főlé nőtt a galaxiscsoportunk taglétszáma.

A Lokális csoport a hozzánk legközelebbi galaxiscsoportosulás, emiatt kitüntetett szerepe van a csillagászati kutatásokban, amely röviden így összegezhető:

- Segítségével megállapítható egy átlagos galaxiscsoportosulás tipikus fejlődéstörténete;

- A galaxisok kölcsönhatásai nagy térbeli felbontással nyomon követhetők;
- Részletesen vizsgálhatók a különféle típusú galaxisok tulajdonságai és szerkezete.

Még nincs egy évszázada annak, hogy Edwin Hubble kimutatta az extragalaxisok létét. Az 1920-as években jó néhánynak a távolságát is sikerült meghatározni a bennük talált cefeida változócsillagok (pontosabban az azokra érvényes periódus–luminositás összefüggés) segítségével. Hubble ennek során felismerte, hogy néhány extragalaxis sokkal közelebb van hozzánk, mint a többiek, és e közeli galaxisok Tejútrendszeret is tartalmazó csoportosulására 1936-ban megjelent könyvében (*The Realm of Nebulae*) már Lokális csoportként hivatkozott. Akkoriban a csoport ismert tagjainak száma még alig haladta meg a tízet. Nagyobb távcsöveket és tökéletesebb fotoemulziót használva korábban kimutathatatlan galaxisokat is le tudtak fényképezni, amelyek közül némelyik közelinek, a Lokális csoport tagjának bizonyult. Az ismert tagok száma eleinte lassan nőtt, legújabbán viszont az elektronikus képképzés térhódításával rohamossá vált a létszám növekedése a közelségünkben levő egészen halvány galaxisok felfedezésével. Jelenleg már félszáznál több galaxis tekinthető a csoporthoz tartozónak, de a taglétszám csak hozzávetőleges, mert a Lokális csoportnak nincs éles határa, és a peremvidék táján, azaz a csoport tömegközéppontjától 3–4 millió fényévre levő törpegalaxisok némelyikének a csoporthoz tartozása nem egyértelmű.

A Lokális csoporthoz tartozó galaxisok listája és az egyes galaxisok néhány jellemzőjének felsorolása az 1. táblázatban található. A táblázatban a csoport tagjai növekvő rektaszczenzió szerint vannak rendezve. Feltűnő, hogy az M31 körüli csoportosulástól – amely nem véletlen, és erre még visszatérünk – eltekintve szinte tetszőleges irányban található közeli galaxisok. A Lokális csoportot, illetve egyes galaxisait nem lehet úgy vizsgálni, mint a távolabbi galaxishalmazokat, amelyek akár egyszerre is megjeleníthetők a távcső látómezejében. Közelségük folytán viszont az egyedi galaxisok sokkal alaposabban és részletesebben tanulmányozhatók.

A napjainkban is létező típusok közül szerencsére majdnem minden galaxistípus előfordul a Lokális csoportban, az egyetlen kivétel az elliptikus óriásgalaxis, amelynek hiánya ugyancsak nem véletlen. Az ilyen galaxisóriások csak a nagyobb létszámú galaxiscsoportosulásokban fordulnak elő, minden gazdag galaxishalmazban találunk belőlük egyet-kettőt. A galaxishalmazok gravitációsan kötött rendszerek, saját gravitációjuk nem engedi, hogy szétessenek. Ugyancsak a gravitáció miatt tömeg szerinti „ülepedés” is végbemegy e rendszerekben. A nagyobb tömegű galaxisok a halmaz centru-

ma felé mozognak, miközben a hozzájuk közel kerülő kis tömegű galaxisokat bekebelezik. Amikorra eléri a halmaz közepét, már elliptikus óriásgalaxissá válik az időközben sok galaxist magában egyesítő galaxis. A Lokális csoportban ilyen óriási galaxis még nem tudott kialakulni, de a csoportunkban előforduló galaxisok így is rendkívüli változatosságot kínálnak.

A csoport spirális galaxisai és azok fényes kísérői

A legnagyobb tag, az Andromeda-köd (M31) luminozitása legalább 20 milliárdszorosa a Napénak, míg a legkisebb törpegalaxisok luminozitása csak alig százezerszerese. E két luminozitási szélsőség aránya 200 000. Ugyancsak tág határok közé esik a galaxisok mérete is (bár az átmérő meghatározása, sőt még a sugár definiálása sem egyszerű a galaxisok esetében). Az M31 és a Tejútrendszer világító anyagát tartalmazó korong átmérője 100 000 fényév nagyságrendű, az újonnan felfedezett sferoidális törpegalaxisok némelyike pedig csupán 400 fényév átmérőjű.

Három spirálgalaxis található a Lokális csoportban: a Tejútrendszer, az Andromeda-köd és a Triangulum-köd (M33). A részletesen vizsgálható három galaxis tulajdonságai is jól mutatják, hogy mennyire különbözhetnek egymástól a spirális galaxisok.

Az M31 magja körül jól fejlett has (bulge) alakult ki, és a spirálkarok is feltűnőek, különösen infravörös hullámhosszakon. Az M31 nagyobb a Tejútrendszerénél, becslések szerint 400 milliárd csillag alkotja, és a látható korongján jóval túl, a galaxis centrumától félmillió fényévre levő óriáscsillagait is sikerült kimutatni. Négyszáznál több gömbhalmaz ismert, ami háromszor annyi, mint a Tejútrendszerhez tartozó ismert gömbhalmazok száma. Viszont az Andromeda-köd idősebb gömbhalmazai úgy mozognak a galaxis centruma körül, mint a fiatalabb csillagpopuláció, s ennek oka még nem ismert.

A három spirálgalaxis közül a legkisebbnek, az M33-nak viszont szinte nincs is hasa, és a spirálkarjai is szakadozottak. A Tejútrendszerrel érdemes megemlíteni, hogy egymástól független több vizsgálat szerint legújabbban már a küllős spirálisok közé sorolják, mert az optikai, infravörös és rádióhullámhosszakon végzett megfigyelések szerint a Tejútrendszer hasában a csillagok eloszlása nem szimmetrikus a forgástengelyhez viszonyítva. Ezt támasztja alá például az is, hogy az idősebb csillagok eloszlásában a fősík menti egyik irányban hosszúkás kiterjedés tapasztalható. A Hubble-féle osztályozásban a Tejútrendszer SBbc típusú.

A Lokális csoport két meghatározó tagját, az M31-et és a Tejútrendszer kisebb galaxisokból álló udvartartás veszi körül. Az Andromeda-köd esetében ez rögtön ki is tűnik az 1. táblázatból: $0^{\text{h}}40^{\text{m}}$ rektaszcenzió és 40° deklináció környékén tucatnyi galaxist találunk. Távcsőbe nézve ezek közül kettőnek a megpillantására van esély: az M32 és M110 (NGC 205) elliptikus galaxisok elég fényesek ahhoz, hogy akár binokulárral is meg lehet őket figyelni, és mint Messier-



1. ábra. Az Andromeda-köd és két elliptikus kísérője, az M32 (balra fent) és az M110 (lefelé) (Éder Iván felvétele)

sorszámuk is jelzi, több évszázada ismertek (1. ábra). Az Andromeda-ködhöz való közelségük miatt a spirálgalaxis árapályereje számottevően befolyásolta mindkét elliptikus galaxis tulajdonságait. Az M110 alakja eltorzult, az M31-től alig 20 ezer fényévre levő M32 pedig a jelek szerint egykor sokkal nagyobb galaxis lehetett, de a szoros közelség hatására tömegének jókora hányada átkerült az M31-be. Az M32 centrumában néhány millió naptömegnyi fekete lyuk rejtőzik, ami arról árulkodik, hogy korábban valóban tekintélyes galaxis lehetett. (Összehasonlításképpen: az M31 centrumában tízmillió naptömegnyi, a Tejútrendszer közepén pedig kb. 3 millió naptömegnyi a fekete lyuk.) A megtépázott M32 valamennyi egykori gömbhalmazát is elvesztette, míg a kisebb luminozitású, de az Andromeda-ködtől távolabbi elliptikus törpegalaxisoknak sikerült megtartaniuk saját gömbhalmazukat.

A Tejútrendszer kísérőgalaxisai közül a két legjelentősebb a Nagy és a Kis Magellán-felhő, amelyek egyben a legismertebbek is. A Nagy Magellán-felhő látszó kiterjedése az égen $15^{\circ} \times 13^{\circ}$, míg a Kis Magellán-felhő $7^{\circ} \times 4^{\circ}$. Bár ránézésre mindkét felhő szabálytalan alakú, mégsem az irreguláris galaxisok közé tartoznak, hanem a Magellán típusú spirális galaxisokhoz, amelyek látható anyagának zöme lapos, korongszerű tartományba koncentrálódik, alig felismerhető spirálszerkezettel. A látszólag szabálytalan alakhoz a jelenlegi csillagkeletkezés is hozzájárul, mert az optikai képen a legfiatalabb, nagy tömegű csillagok fénye dominál, a csillagkeletkezési tartományok pedig egy adott időben nem feltétlenül szimmetrikusan oszlanak el egy galaxisban. Különösen akkor, ha mindkét Magellán-felhő a Tejútrendszer szomszédságában tölti évmilliárdjait. A Nagy Magellán-felhő egyébként a három spirálgalaxist követően negyedik a Lokális csoport tag-

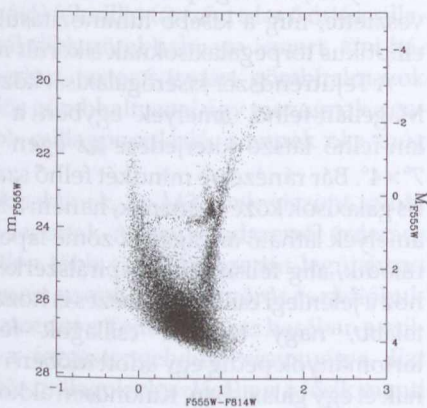
jainak luminozitási listájában, míg a Kis Magellán-felhő csak a kilencedik, mivel luminozitásuk egy tizede, illetve egy százada a Tejútrendszerének.

Mindkét Magellán-felhőben hatalmas mennyiségű (több százmillió nap-tömegnyi) semleges hidrogén van a csillagközi térben. A gáz egy része pedig már ki is került a Magellán-felhőkből a két felhő egymásra kifejtett árapályereje, illetve a Tejútrendszer és a Magellán-felhők közötti gravitációs kölcsönhatás következtében. A Nagy és a Kis Magellán-felhő között húzódó Magellán-híd körvonalait a két galaxisból kiszabadult hidrogént tartalmazó felhők rajzolják ki, de fiatal csillaghalmazok is találhatóak a Magellán-hídban. Sőt néhány hónapja japán kutatók azt közölték, hogy több tucat fősorozatot előtti fejlődési állapotú emissziós csillagot (H α e/Be-csillagokat) találtak a Magellán-hídban, ami arra utal, hogy jelenleg is keletkeznek csillagok az intergalaktikus anyagban.

A Magellán-híd nem tévesztendő össze az 1972-ben felfedezett Magellán-áramlattal. Ez utóbbi a Tejútrendszer felé irányuló gázáram. Anyaga akkor szakadhatott ki a Kis Magellán-felhőből, amikor a Tejútrendszer körüli keringésük során a két Magellán-felhő éppen jóval közelebb volt egymáshoz és a mi galaxisunkhoz is. A Magellán-áramlat több százezer fényév hosszú nyúlványt képez a keringési pálya mentén.

A Magellán-felhők egyik érdekes, egyben igen fontos tulajdonsága, hogy bővelkednek csillaghalmazokban. Mivel a halmazok csillagai egyenként is tanulmányozhatók, a halmaztagokra vonatkozó észlelési adatok alapján el lehet készíteni az egyes halmazok szín-fényesség-diagramját. A csillagok e diagramon való elhelyezkedése és az egyes ágak populáltsága alapján pedig meg lehet állapítani a csillaghalmaz korát, távolságát és a halmazt alkotó anyagban előforduló nehéz elemek arányát is.

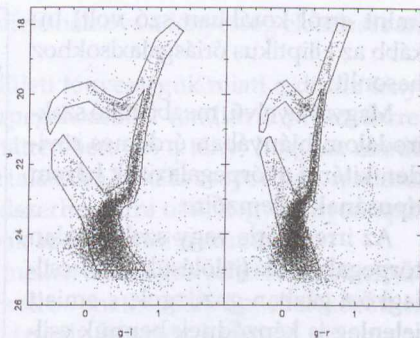
Az egyedi csillagokra felbontható extragalaxisok esetében is a szín-fényesség-diagramon kirajzolódó pontmintázat alapján következtetnek a vizsgált galaxist alkotó csillagok koreloszlására és a csillagkeletkezési ütem időbeli változására (2. és 3. ábra). Napjaink észlelési technikája szerencsére már olyan fejlett, a műszerek pedig annyira érzékenyek, hogy ezzel a módszer-



2. ábra. A Phoenix dIrr/dSph törpegalaxis központi vidékének szín-fényesség-diagramja (Young et al. 2007)

rel a Lokális csoport valamennyi ismert tagjában nyomon lehet követni a csillagkeletkezés történetét, és annak a galaxison belüli helyfüggését is.

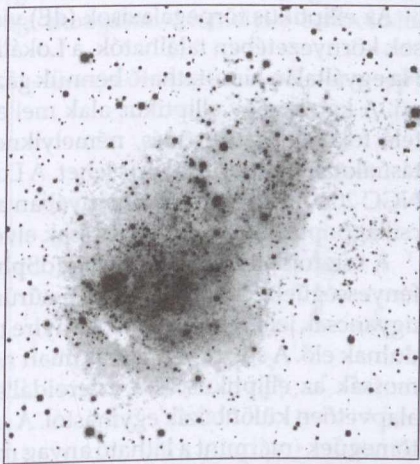
A Nagy Magellán-felhőről például megállapították, hogy a rengeteg csillaghalmaza közül szinte alig akad olyan, amelyik 4–10 milliárd évvel ezelőtt keletkezett. Tehát volt egy nagyjából 6 milliárd éves időszak, amikor igen lecsökkent ütemben képződtek benne a csillagok. Viszont jó néhány olyan egészen fiatal halmaz is ismert a Nagy Magellán-felhőben, amelyek taglétszáma és mérete a gömbhalmazokénak felel meg. Míg a Tejútrendszerben a gömbhalmazok a legidősebb csillagpopulációhoz tartoznak, a Nagy Magellán-felhőbeli fiatal gömbhalmazok az 1–3 milliárd évvel ezelőtt zajlott heves csillagkeletkezésre utalnak.



3. ábra. A Draco szferoidális törpegalaxis két különböző színindexre vonatkozó szín-fényesség-diagramja (Ségall et al. 2007)

Törpegalaxisok

A Tejútrendszer további kísérőgalaxisai mind jóval kisebbek és halványabbak az eddig említetteknél. Mindegyikük törpegalaxis, melyek három fő típusba sorolhatók: az *irreguláris*, az *elliptikus*, valamint a *szferoidális* törpegalaxisok közé. Hivatalosan nincs definiálva ugyan, hogy mi kell valamely galaxis törpévé nyilvánításához, de általában a -18^m integrált optikai összfényességet tekintik a határnak. Kivétel azért akad. Az M32-t, az Androméda-köd egyik elliptikus kísérőjét többnyire nem a törpegalaxisok közé sorolják, bár luminozitása szerint az lenne, de felépítését tekintve

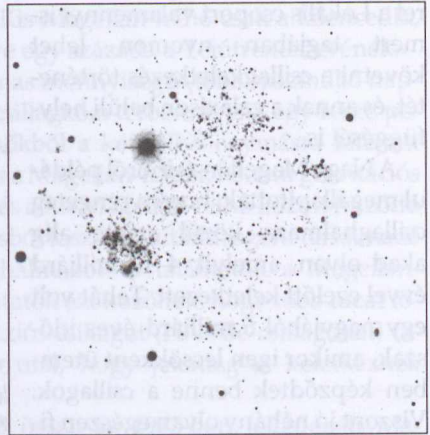


4. ábra. Az IC 10 irreguláris törpegalaxis (Massey et al. 2007)

(mint arról korábban szó volt) inkább az elliptikus óriásgalaxisokhoz hasonlít.

Magyar nyelvű, megbízható szakirodalom hiányában érdemes röviden kitérni a törpegalaxisok három típusának jellemzőire.

Az irreguláris vagy szabálytalan törpegalaxisok (jelölésük dIrr) csillagközi gázban gazdagok, s emiatt jelenleg is képződnek bennük csillagok (4. és 5. ábra). A fiatal, forró csillagok és a környezetükben levő HII-zónák fénye uralja ezeket a galaxisokat, így azok eloszlásától függ, hogy az optikai tartományban milyennek látszik a galaxis. A szín-fényesség-diagramjuk alapján arra következtetnek, hogy az ilyen típusú galaxisokban mindvégig keletkeztek csillagok. Az egymilliárd évnél idősebb csillagok (pl. vörös óriások) eloszlását vizsgálva kiderül, hogy az irreguláris típusba sorolt galaxisok valójában vagy koronggalaxisok, vagy szferoidálisak. Irreguláris törpegalaxisok bárhol előfordulhatnak, azaz galaxishalmazokban, -csoportokban és izolált mezőgalaxisokként is.



5. ábra. A Sextans A irreguláris törpegalaxis (Massey et al. 2007)

Az elliptikus törpegalaxisok (dE) viszont többnyire nagy tömegű galaxisok környezetében találhatóak, a Lokális csoportban például az M31 mellett. Ha egyáltalán kimutatható bennük gáz, akkor az nagyon csekély mennyiségű. A kerek vagy elliptikus alak mellett fontos ismertetőjegyük a centrum felé fokozódó sűrűsödés, némelyiknek (elsősorban a nagyobb luminozitásúaknak) feltűnő magja is lehet. A Lokális csoportban ez utóbbira példa az NGC 205. Csillagközi gáz hiányában az elliptikus törpegalaxisokat idősebb csillagpopulációk alkotják, és csak elvétve fordul elő bennük fiatal csillag.

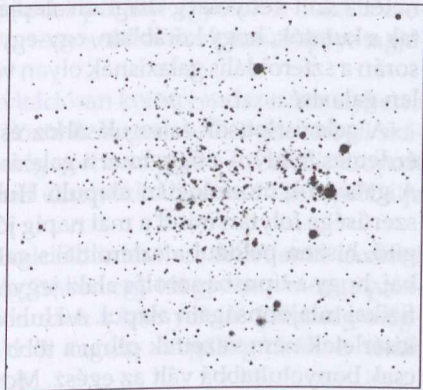
A szferoidális törpegalaxisok (dSph) diffúz megjelenésűek és kis felületi fényességűek, csekély központi sűrűsödéssel. A csillagközi anyag hiánya ugyancsak jellemző rájuk. Többnyire nagy tömegű galaxisok közelében fordulnak elő. A sok rokon vonás miatt néha még a szakirodalomban is egybe-mossák az elliptikus és a szferoidális törpegalaxisokat. Pedig a két típus alapvetően különbözik egymástól. A szferoidális törpegalaxisok egészen kis tömegűek (mármint a látható anyag mennyiségét tekintve), némelyikük kevesebb fényt bocsát ki, mint egy átlagos gömbhalmaz. Az elliptikus galaxisoknak viszont akár saját gömbhalmazaik is lehetnek. Lényeges eltérés

tapasztalható a galaxis centrumától kifelé haladva a fényesség eloszlásában, illetve a felületi fényességben is.

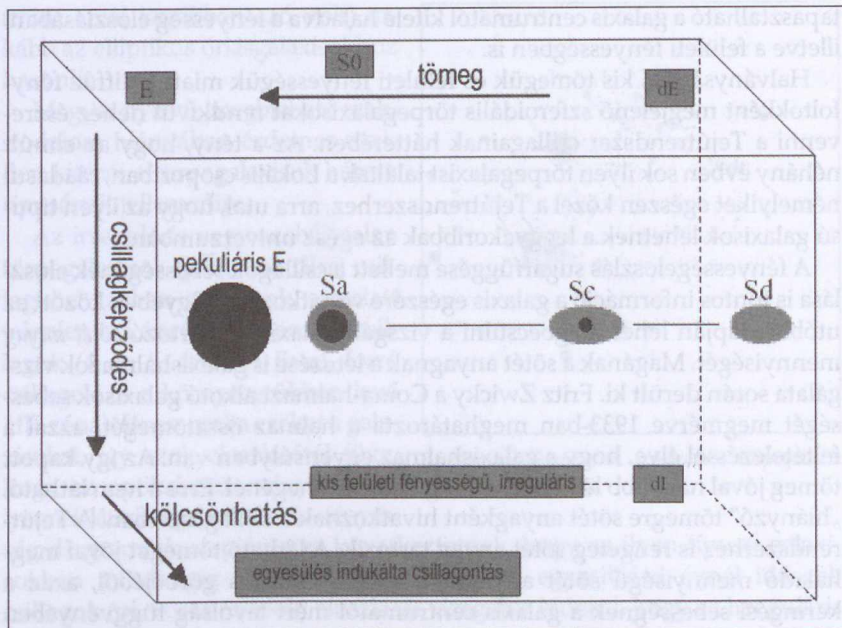
Halványságuk, kis tömegük és felületi fényességük miatt a diffúz fényfoltokként megjelenő sferoidális törpegalaxisokat rendkívül nehéz észrevenni a Tejútrendszer csillagainak hátterében. Az a tény, hogy az elmúlt néhány évben sok ilyen törpegalaxist találtak a Lokális csoportban, ráadásul némelyiket egészen közel a Tejútrendszerhez, arra utal, hogy az ilyen típusú galaxisok lehetnek a leggyakoribbak az egész univerzumban.

A fényességeloszlás sugárfüggése mellett a csillagok sebességének eloszlása is fontos információ a galaxis egészére vonatkozóan. Egyebek között ez utóbbi alapján lehet megbecsülni a vizsgált galaxishoz tartozó sötét anyag mennyiségét. Magának a sötét anyagnak a létezése is galaxishalmazok vizsgálata során derült ki. Fritz Zwicky a Coma-halmazt alkotó galaxisok sebességét megmérve 1933-ban meghatározta a halmaz össztömegét, azzal a feltételezéssel élve, hogy a galaxishalmaz egyensúlyban van. Az így kapott tömeg jóval nagyobb lett a halmaztagok össztömegénél. Erre a nem látható, „hiányzó” tömegre sötét anyagként hivatkoznak a csillagászatban. A Tejútrendszerhez is rengeteg sötét anyag tartozik. A látható tömeget jóval meghaladó mennyiségű sötét anyagra a galaxis rotációs görbéjéből, azaz a keringési sebességnek a galaxis centrumától mért távolság függvényében tapasztalható értékéből következtetnek. A keringési sebesség értékét ugyanis mindig az adott sugáron belüli (de nem feltétlenül látható) össztömeg szabja meg. Ha a tömeg egy része nem is látható, de gravitációs hatása befolyásolja a világitó anyag mozgását. Némelyik sferoidális törpegalaxis az átlagoshoz képest jóval nagyobb arányban tartalmaz sötét anyagot. Ez pedig egyértelműen megkülönbözteti őket a gömbhalmazoktól – ha a méretük nem is –, mert a gömbhalmazoknak nincs sötét anyagból álló halója.

Talán meglepő, de a sferoidális galaxisok inkább az irreguláris galaxisokkal mutatnak rokonságot. A Lokális csoportnak hat olyan törpegalaxis is tagja, köztük a Phoenix (6. ábra) és a Pisces, amelyek mindkét galaxistípus jegyeit mutatja: csillagaik túlnyomó többségének kora csak milliárd években mérhe-



6. ábra. A Phoenix $dIrr/dSph$ törpegalaxis (Massey et al. 2007)



7. ábra. A galaxisok osztályozására javasolt új rendszer (Conselice 2007)

tő, de van bennük valamennyi csillagközi gáz, és ennek megfelelően akad fiatal csillag is. A szferoidális galaxisokban lezajlott csillagkeletkezés történetét a szín–fényesség–diagram alapján feltárva arra a megállapításra jutottak a kutatók, hogy korábban, egy-egy számottevő csillagkeletkezési epizód során a szferoidális galaxisnak olyan volt a megjelenése, mint egy szabálytalan galaxisé.

A galaxistípusok felsorolásához és rövid ismertetésükhöz kapcsolódva érdemes felhívni a figyelmet a galaxisok legújabb osztályozási rendszerére. A galaxisok morfológián alapuló Hubble-féle osztályozási rendszere egyszerűsége folytán mind a mai napig jól használható, bár nem teljesen kielégítő, hiszen például a szferoidális galaxisok sem szerepelnek benne. Az is baj, hogy a típusba sorolás alaki jegyek alapján történik, és nem a galaxisok fizikai tulajdonságain alapul. A Hubble-féle rendszer finomítására irányuló kísérletek nem vezettek célra, a több morfológiai jegy figyelembevételével csak bonyolultabbá vált az egész. Most új osztályozási rendszer körvonalazódik, amelyben három lényeges tulajdonság jelöli ki az egyes galaxisok helyét a háromdimenziós paraméterterben: a tömeg, a csillagképződés

jelenlegi üteme és a szomszédos galaxisokkal való kölcsönhatás mértéke (7. ábra). Ha a kölcsönhatási és a csillagkeletkezési tengely menti eloszlást a tömeget ábrázoló tengelyre vetítjük, visszakapjuk a hagyományos Hubble-osztályozást. Ez a Christopher J. Conselice angol csillagász által 2007-ben javasolt felosztás egyértelműen jelzi a galaxisok közötti gravitációs kölcsönhatás fontosságát. A Lokális csoport galaxisainál ráadásul ez a hatás részletesen tanulmányozható a vizsgált objektumok közelsége folytán, amint az a Magellán-felhők és az M32 kapcsán már e cikkben is szerepelt.

Az árapályerők szerepét az is fokozza, hogy a Lokális csoportban a galaxisok eloszlása korántsem egyenletes, hanem három határozott csoportosulás figyelhető meg: az egyiket az Andromeda-köd körül, a másikat a Tejútrendszer körül található galaxisok alkotják, a harmadik pedig az NGC 3109 alcsoportja, amelyhez az Antlia, a Sextans A és Sextans B törpegalaxisok tartoznak. Ez utóbbi csoportocská négy milliárd fényévre van tőlünk, a Lokális csoport pereménél.

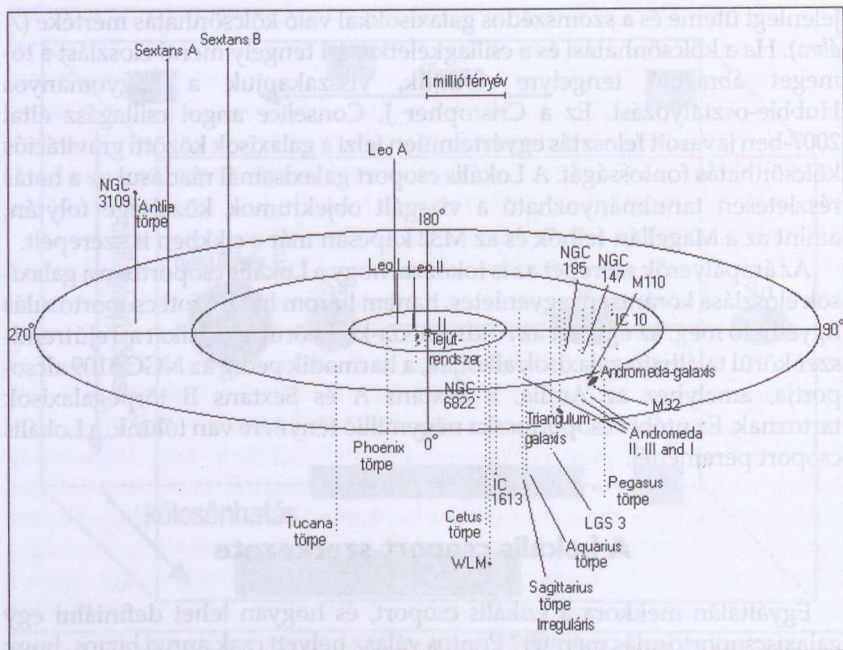
A Lokális csoport szerkezete

Egyáltalán mekkora a Lokális csoport, és hogyan lehet definiálni egy galaxiscsoportosulás méretét? Pontos válasz helyett csak annyi biztos, hogy a Lokális csoport dinamikai középpontjától (ami az M31 és a Tejútrendszer között van) ötmillió fényéven túl már nincs a csoporthoz tartozó galaxis. A peremvidéken található galaxisok némelyikének hovatarozásáról viszont megoszlanak a vélemények. Az 1. táblázatban nem szereplő UKS 2323–326, másik nevén UGCA 438 galaxist például egyesek a Lokális csoporthoz tartozónak tekintik, mások a szomszédos Sculptor-csoport tagjának.

A galaxiscsoport mindenesetre gravitációsan kötött rendszer, amelyben a tagok a rendszer tömegközéppontja körül keringenek, és ilyen térbeli skálán a Hubble-törvény érvényessége még szóba se jöhet. A Lokális csoport szerkezetét, fontosabb tagjainak térbeli elhelyezkedését a 8. ábra próbálja meg érzékeltetni.

Az egyes galaxisok hovatarozásának eldöntéséhez feltétlenül ismerni kell a távolságukat, de ez még nem elég, hiszen egy túl gyorsan mozgó galaxis csak átmenetileg tartózkodik éppen ezen a környéken, fizikailag mégsem része a galaxiscsoportosulásnak. A tagság megállapításához tehát ismerni kell a galaxis térbeli mozgását is.

A távolság meghatározása szerencsére már nem ütközik nehézségbe, a rengeteg módszer közül biztosan akad egy-kettő, amelyet az adott galaxisra



8. ábra. A Lokális csoport szerkezete és fontosabb tagjainak térbeli elhelyezkedése galaktikus koordináta-rendszerben

alkalmazni lehet. Ha vannak benne fiatal csillagok, akkor például a galaxisban azonosított cefeidákra a pulzációs periódus és az abszolút fényesség közötti összefüggés alkalmazásával megkapható a galaxis távolsága. A Lokális csoportnak már harmincnál több tagjában találtak cefeidákat, de némelyikben csak egyet-kettőt, úgyhogy eddig nem egészen húsz közeli galaxisra sikerült megbízható távolságot kapni a cefeidák segítségével. Ha pedig csak idős csillagok vannak a galaxisban, akkor a Hertzsprung–Russell-diagram horizontális ágán található, vagyis ismert abszolút fényességű RR Lyrae típusú változócsillagok látszó és abszolút fényessége közötti különbségből számítható a távolság. A további bevált eljárások közé tartozik a vörös óriás-csillag fényességén, a gömbhalmazok vagy a planetáris ködök luminozitási függvényén alapuló távolságmeghatározás, legújabbán pedig fedési változócsillagokkal is sikerült néhány közeli extragalaxis távolságát megállapítani.

Nem ennyire megnyugtató a helyzet a térbeli mozgást illetően. Bár egy extragalaxis átlagos radiális sebessége könnyen és pontosan meghatározha-

tó a benne levő csillagok vagy gázfelhők színképében található vonalak Doppler-eltolódásából, a másik két koordinátaírány menti mozgás, azaz a sajátmozgás csak az utóbbi időben vált mérhetővé. Tekintve, hogy egészen csekély elmozdulásról van szó, a pontos pozícióméréshez a teljes látómezőben tökéletes leképezés szükséges, így egyelőre a Hubble űrtávcsövön kívül szinte nincs is más alkalmas műszer e feladat végrehajtására. A Nagy Magellán-felhőnek a háttérben látszó kvazárok helyzete alapján elvégzett sajátmozgásméréseiről éppen egy éve számoltunk be (A Nagy Magellán-felhő sajátmozgása; Meteor csillagászati évkönyv 2007, 182–183. o.). Ezenkívül mindössze öt másik galaxis sajátmozgását mérték meg hasonló módon: a Kis Magellán-felhő, a Carina, a Fornax, a Sculptor és az Ursa Minor törpegalaxisok, vagyis a Tejútrendszer tőszomszédságában található galaxisok sajátmozgása évszázadonként néhány század ívmásodperc nagyságrendű. A Lokális csoport legkülső tagjai pedig ezeknél hússzor távolabbiak...

A csoporthoz tartozás eldöntését az is nehezíti, hogy a kevés tagot tartalmazó csoportosulások nem is gömbszerű térrészben vannak, ellentétben a gazdag galaxishalmazokkal. A Lokális csoportnál még szegényebb Sculptor-csoport alakja például hosszúkás.

A peremvidéki egy-két galaxis hovatarozásának eldöntésénél viszont sokkal fontosabb az eddig még ismeretlen tagok felkutatása. Ezen a téren látványos eredmények születtek, hiszen az elmúlt években a korábbiakban soha nem tapasztalt ütemben nőtt a Lokális csoport taglétszáma. Ebben a legnagyobb érdeme az új évezred első nagy optikai égboltfelmérésének, az SDSS-nek van. 2000 óta 14 törpegalaxissal bővült a tagnévsor, és egyedülálló módon ezek közül 11-nek a felfedezését 2006-ban hozták nyilvánosságra. Ezen új tagok adatai is szerepelnek a Lokális csoport galaxisainak jellemzőit bemutató 1. táblázatban. Többségük igen kis luminozitású és alacsony felületi fényességű szferoidális galaxis, amelyek létezésére bonyolult képfeldolgozási és csillagszámlálási módszerekkel következtettek. Az előtércsillagok leválasztása után megmaradt csillagok fotometriai adataiból elkészített szín-fényesség-diagramok minden esetben arra utalnak, hogy ezek a galaxisok vegyes populációjú, azaz eltérő korú csillagokból állnak, így még az is kizárható, hogy az újonnan felfedezett apró csillagcsoportosulások a Tejútrendszer vagy az Andromeda-köd halójában levő gömbhalmazok lennének (azok csillagai ugyanis egyöntetűen az idős populációhoz tartoznak).

Bizonytalansága miatt néhány további felfedezés nem is szerepel a statisztikában és a táblázatban sem. A Tejútrendszerből 500 ezer fényévre levő, egyik újonnan felfedezett csillagcsoportról nem sikerült még eldönteni, hogy halvány törpegalaxis vagy esetleg kiterjedt gömbhalmaz. Megerősítésre vár, hogy az Ursa Maior II és a Willman 1 valóban törpegalaxisok. Ha

ez utóbbi valóban galaxisnak bizonyul, akkor a Willman 1 az eddig ismert legkisebb tömegű (félmillió naptömegű) galaxis. A 2007-ben felfedezett Andromeda XIV jelű törpegalaxis esetében pedig az a bizonytalan, hogy tagja-e a Lokális csoportnak, mivel az Andromeda-ködhöz viszonyítva -200 km/s a látóirányú sebessége, azaz mintha csak a közelmúltban zuhant volna be hozzánk a Lokális csoporton most átszáguldó törpegalaxis. Továbbá az egy évtizede felfedezett Andromeda IV sem szerepel a táblázatban, mert nem galaxis, hanem gazdag csillaghalmaz az M31-ben, vagy a Lokális csoporton kívüli háttérgalaxis.

A táblázatban szereplő, vagyis a Lokális csoporthoz tartozó galaxisok közül viszont lehet, hogy kikerül az And XII, mert a legújabb mérések alapján úgy ítélik meg, hogy az is hatalmas sebességgel száguld át galaxiscsoportunkon, s bár most éppen az M31 szomszédságában van, mégsem tekinthető az Andromeda-köd kísérőgalaxisának.

A Lokális csoport biztos tagjainak száma immár meghaladja az ötvenet. Tekintve, hogy az SDSS-felmérés keretében csak az égbolt negyedét vizsgálták át, hasonlóan alapos átvizsgálással az égbolt más részein is biztosan találunk eddig ismeretlen törpegalaxisokat: bizonyára számos további törpegalaxis van még a Tejútrendszer illetve az Andromeda-köd szomszédságában, amelyek eddig elkerülték a kutatók figyelmét.

A szomszédságot akár szó szerint is lehet értelmezni. A legközelebbi törpegalaxisok vagy árapálynyúlványaik szinte beleérnek a Tejútrendszerbe. Erre példa a Sagittarius elliptikus (valójában szferoidális) törpegalaxis egykori csillagait tartalmazó áram, amely a Tejútrendszer halójába nyúlik (l. A Sagittarius-áram csillagai – a Tejútrendszer halójának forrása? c. hírt Kun Mária áttekinthető cikkében). A kis galaxis külső, a centrumától távoli részein rendkívül alacsony a csillagok nehézelem-tartalma, a kémiai összetétel pedig pontosan megfelel a Palomar 12 tejútrendszerbeli gömbhalmazra megállapított elemgyakoriságnak, ami azt sugallja, hogy a Pal 12 a törpegalaxisból szakadt ki, és vált a Tejútrendszer részévé. Egy másik túl közel került szomszéd, a 2004-ben felfedezett Canis Maior törpegalaxis a Tejútrendszer centrumától csupán 42 000 fényévre van (a Naptól pedig mindössze 25 000 fényévre), a Tejútrendszer gravitációs ereje által belőle kitépett csillagok alkotta nyúlvány pedig már teljesen körülölelte galaxisunkat.

A Tejútrendszer efféle kisebb galaxisok bekebelezésével folyamatosan gyarapszik. Időnként azonban nagyobb galaxisokkal is kölcsönhatásba kerülünk. Ennek egyik jele az, hogy a Tejútrendszer fősíkja valójában nem sík, hanem olyan, mint egy kalap karimája, azaz egyik oldalán lekonyul. Ez a Hipparcos asztrometriai mesterséges hold méréseiből vált nyilvánvalóvá egy évtizede. A sok apró kölcsönhatás összességében befolyásolja a Tejút-

rendszer globális tulajdonságait, és ez is alátámasztja az imént említett új galaxisosztályozási rendszer kölcsönhatás-tengelyének létjogosultságát. És ha az Andromeda-köd tízmilliárd év múlva valóban egyesül a Tejútrendszerrel, akkor a két spirálgalaxis egyetlen elliptikus óriásgalaxissá válik. A két galaxis jelenleg 120 km/s sebességgel tart egymás felé, de a Lokális csoporton belüli pályájukat lehetetlen évmilliárdokra előre pontosan extrapolálni.

A jövőből a jelenbe visszatérve érdemes megemlíteni azt a tényt, hogy az apró kísérőgalaxisok eloszlása nem véletlenszerű sem a Tejútrendszer, sem az M31 körül. Mindkét spirálgalaxis esetében egy-egy gömbi főkör mentén csoportosulnak, amely főkör ráadásul átmegy a spirálgalaxis pólusán. Ez az eloszlás nyilván nem véletlen. Olyan galaxisokat tucat számra ismernek, amelyek korongját arra merőlegesen elhelyezkedő, csillagokból és gázból álló poláris gyűrű veszi körül egy korábbi gravitációs kölcsönhatás eredményeként.

A közelmúltban fedezték fel, hogy a Lokális csoport egyik legrégebb óta ismert tagja, az NGC6822 ugyancsak poláris gyűrűs galaxis. A szabálytalan galaxis semleges hidrogénből álló korongjára csaknem merőlegesen elhelyezkedő poláris gyűrűt a csillagok eloszlása és radiális sebessége alapján mutatták ki.

Csakhogy a Tejútrendszert és az M31-et nem csillagokból és gázból, hanem galaxisokból álló gyűrű veszi körül, amihez elképesztően erős gravitációs zavarnak kellett bekövetkeznie a régmúltban. Van olyan elképzelés, amely szerint a Tejútrendszer és az Andromeda-köd egyszer már egészen közel került egymáshoz a Lokális csoport-beli pályáján keringve, és az akkor fellépett kölcsönös árapályerők indukálták mindkét poláris galaxisgyűrű kialakulását. A két nagy spirálgalaxis pedig megúsza az egyesülést, és külön fejlődött tovább.

Saját galaxisunk és az M31 környezete között feltűnő az a különbség, hogy az Andromeda-köd két legnagyobb közeli kísérője elliptikus, míg a Tejútrendszer alsó csoportjához tartozó Magellán-felhők irregulárisba hajló megjelenésű spirális galaxisok. Lehet, hogy a két Magellán-felhő a Lokális csoport peremvidékéről került a közelünkbe, és akkor fogta be őket a Tejútrendszer.

Sokszínűség

A Lokális csoport szinte mindegyik tagja valamilyen szempontból érdekes, különbözik a többitől. A törpegalaxisokban csak annyi a közös, hogy na-

gyon alacsony az átlagos nehézelem-tartalmuk, de mindegyikben eltérő a csillagkeletkezés története. Ez a sokféleség szintén magyarázatra vár. Az IC 10 csillagontó törpegalaxisban éppen a csillagászati közelmúltban ért véget egy heves csillagkeletkezési epizód. A Draco szferoidális törpegalaxis különlegessége pedig az, hogy egészen szimmetrikus, sehol nem érzékelhető benne más galaxisokkal történt kölcsönhatások nyoma.

A Lokális csoportot alkotó galaxisok különféle hullámhosszakon és egyre érzékenyebb műszerekkel való kutatása évről évre tartogat meglepetéseket. A legközelebbi galaxisok vizsgálatát azonban nem a látványos felfedezések iránti vágy motiválja, hanem az asztrofizikai kutatások kiterjesztésének lehetősége az extragalaxisokra. Ráadásul az asztrofizika és az extragalaktikus csillagászat mellett a kozmológia számára is fontos a közeli galaxisok minél alaposabb megismerése.

A hideg, sötét anyaggal is számoló jelenlegi kozmológiai modell szerint a galaxisok kisebb egységekből, mintegy építőkövekből álltak össze azok fokozatos egybeolvadásával. A kezdeti építőelemekre pedig a szferoidális törpegalaxisok a legjobb jelöltek. Ahhoz azonban, hogy a modell visszaadja az univerzum megfigyelt nagyléptékű szerkezetét, a jelenleg ismertnél egy nagyságrenddel több szferoidális galaxisnak kell lennie térfogategységenként.

Az egyes galaxisok össztömegét az intersztelláris gáz (ha van a galaxisban) és a csillagok sebességeloszlásából meg lehet határozni. Ez az érték számot ad a galaxishoz tartozó sötét anyag mennyiségéről is. A galaxis összfényességéhez viszont csak a látható tömeg járul hozzá. Az össztömeg (M) és a luminozitás (L) aránya ezért utal a sötét anyag mennyiségére. Az M/L arányban a tömeg naptömegben, a luminozitás napluminozitás egységben szerepel. A Napra vonatkozóan az arány értelemszerűen 1. A Napnál kisebb tömegű csillagok luminozitása jóval kisebb a Napénál, ezért azok esetében az $M/L > 1$, míg a nagyobb tömegű csillagoké sokkalta nagyobb (az asztrofizikából ismert tömeg–luminozitás összefüggésnek megfelelően). Mivel a nagy tömegű csillagok kevésbé gyakoriak, mint a kis tömegűek, az egyes galaxisok M/L értékének csillagtartalmuktól és koruktól függően ezért 1 és 10 közé kellene esnie.

A Lokális csoport galaxisaira viszont 3 és 100 közötti a tömeg/luminozitás arány. A nagyobb értékek a sötét anyag dominanciájára utalnak. Ennyire eltérő értékek esetén pedig az sem zárható ki, hogy vannak kizárólag sötét anyagból álló galaxisok, csak valahogyan meg kellene találni őket. Az ilyenek keresését is a közelünkben, a Lokális csoportban érdemes elkezdni.

1. táblázat

Galaxis	Másik név	RA(2000)	D(2000)	l	b	Típus	M _v	Távolság [ezer fényév]	Átmérő [ezer fényév]	Felfedezés éve
WLM	DDO 221	00 01 58	-15 27.8	75.9	-73.6	IrrIV-V	-14.0	3000	10	1909
IC 10	UGC 192	00 20 25	+59 17.5	119.0	-3.3	dIrr	-17.6	2700	8	1889
Cetus		00 26 06	-11 02	101.4	-72.9	dE4/dSph	-10.1	2600	3	1999
NGC 147	DDO 3	00 33 12	+48 30.5	119.8	-14.3	dSph/dE5	-14.8	2370	10	1829
And III	PGC 2121	00 35 17	+36 30.5	119.3	-26.2	dSph	-10.2	2450	3	1970
NGC 185	UGC 396	00 38 58	+48 20.2	120.8	-14.5	dSph/dE3p	-15.3	2000	8	1787
NGC 205	M110	00 40 22	+41 41.4	120.7	-21.1	E5p	-16.3	2700	15	1773
And VIII		00 42 20	+40 37	121.1	-22.2	dSph pec	-15.6	2700	30	2003
M32	NGC 221	00 42 42	+40 51.9	121.2	-22.0	E2	-16.4	2600	8	1749
M31	NGC 224	00 42 44	+41 16.1	121.2	-21.6	Sbl-II	-21.1	2560	140	905
And I	PGC 2666	00 45 43	+38 00.4	121.7	-24.9	dSph	-11.7	2520	2	1970
And XI		00 46 20	+33 48.1	121.7	-29.1	dSph	-7.3	2560	0.4	2006
And XII		00 47 27	+34 22.5	122.0	-28.5	dSph	-6.4	2560	0.4	2006
And XIII		00 51 51	+33 00.3	123.0	-29.9	dSph	-6.9	2560	0.4	2006
Kis Magellán-f.	NGC 292	00 52 44	-72 49.7	302.8	-44.3	SBm	-16.2	195	15	tört. előtt
And IX		00 52 53	+43 12.0	123.2	-19.7	dSph	-8.3	2570	4	2004
Sculptor	ESO 351-30	01 00 09	-33 42.5	287.5	-83.2	dSph	-10.7	260	3	1937
Pisces	LGS 3	01 03 53	+21 53.1	126.8	-40.9	dIrr/dSph	-9.7	2520	2	1978
IC 1613	DDO 8	01 04 54	+02 08.0	129.8	-60.6	IrrV	-14.9	2360	10	1906
And X		01 06 34	+44 18.3	125.8	-18.5	dSph	-8.1	2300	5	2006

Galaxis	Másik név	RA(2000)	D(2000)	l	b	Típus	M _v	Távolság [ezer fényév]	Átmérő [ezer fényév]	Felfedezés éve
And V		01 10 17	+47 38	126.2	-15.1	dSph	-9.1	2900	1	1998
And II	PGC 4601	01 16 27	+33 25.7	128.9	-29.2	dSph	-11.7	2160	3	1970
M33	NGC 598	01 33 51	+30 39.6	133.6	-31.3	ScII-III	-18.9	2920	55	1654
Phoenix	ESO 245-7	01 51 06	-44 26.7	272.2	-68.9	dIrr/dSph	-9.9	1450	2	1976
Fornax	ESO 356-04	02 39 59	-34 27.0	237.1	-65.7	dSph	-13.0	450	5	1938
Nagy Magellán-f.	ESO 56-115	05 23 34	-69 45.4	280.5	-32.9	SBm	-18.1	165	25	tört. előtt
Carina	PGC 19441	06 41 37	-50 58.0	260.1	-22.2	dSph	-9.2	329	2	1977
Canis Maior		07 12 36	-27 40	240.0	-8.0	dIrr?	?	25	20	2004
Leo T		09 34 53	+17 03.1	214.9	+43.7	dIrr/dSph	-7.1	1370	0.5	2007
Leo A	DDO 69	09 59 24	+30 44.7	196.9	+52.4	dIrr	-11.7	2250	4	1942
Sextans B	DDO 70	10 00 00	+05 19.7	233.2	+43.8	dIrr	-14.3	4400	8	1955
NGC 3109	DDO 236	10 03 07	-26 09.5	262.1	+23.1	IrrIV-V	-15.8	4075	25	1835
Antlia	PGC 29194	10 04 04	-27 19.8	263.1	+22.3	dIrr/dSph	-10.7	4030	3	1985
Leo I	DDO 74	10 08 27	+12 18.5	226.0	+49.1	dSph	-12.0	815	3	1950
Sextans A	DDO 75	10 11 06	-04 42.5	246.2	+39.9	dIrr	-14.4	4350	10	1942
Sextans	PGC 88608	10 13 03	-01 36.9	243.5	+42.3	dSph	-10.0	280	3	1990
Ursa Maior		10 35 00	+51 55	159.4	+54.4	dSph	?	325	2	2005
Leo II	DDO 93	11 13 29	+22 09.2	220.2	+67.2	dSph	-10.2	670	3	1950
Leo IV		11 32 57	-00 32.0	265.4	+56.5	dSph	-5.1	520	0.5	2006
Coma Berenices		12 26 59	+23 54.3	241.9	+83.6	dSph	-3.7	140	0.2	2006
Canes Venatici II		12 57 10	+34 19.3	113.6	+82.7	dSph	-4.8	490	0.5	2006
Canes Venatici		13 28 04	+33 33 21	74.3	+79.8	dSph	-7.9	260	3	2006

Galaxis	Másik név	RA(2000)	D(2000)	l	b	Típus	M_V	Távolság [ezer fényév]	Átmérő [ezer fényév]	Felfedezés éve
Bootes		14 00 00	+14 30	358.0	+69.6	dSph	-5.7	200	2	2006
Ursa Minor	DDO 199	15 09 11	+67 12.9	105.0	+44.8	dSph	-8.9	215	2	1954
Hercules		16 31 02	+12 47.5	28.7	+36.9	dSph	-6.0	460	1	2006
Draco	DDO 208	17 20 19	+57 54.8	86.4	+34.7	dSph	-8.6	267	2	1954
Tejútrendszer		17 45 40	-29 00.5	0.0	0.0	SBbc	-20.6	0	90	tört. előtt
SagDEG		18 55 03	-30 28.7	5.6	-14.1	dSph	-14.0	78	10	1994
SagDIG	UKS1927-177	19 29 59	-17 40.7	21.1	-16.3	dIrr	-11.0	3500	3	1977
NGC 6822	DDO 209	19 44 56	-14 48.1	25.3	-18.4	IrrIV-V	-16.4	1520	8	1884
Aquarius	DDO 210	20 46 46	-12 51.0	34.0	-31.3	dIrr/dSph	-10.9	3350	3	1966
Tucana	PGC 69519	22 41 50	-64 25.2	322.9	-47.4	dSph	-9.6	2850	2	1990
And VII		23 26 31	+50 42	109.5	-9.9	dE	-12.0	2470	1	1999
Pegasus	DDO 216	23 28 34	+14 44.8	94.8	-43.5	dIrr/dSph	-12.7	3000	6	1958
And VI	Pegasus II	23 51 46	+24 35	106.0	-36.3	dE	-11.3	2530	1	1998

A név és az alternatív név utáni oszlopokban a 2000.0-re vonatkozó koordináták (a rektaszcenzió óra, perc, másodperc egységben, a deklináció fok és perc egységben), az l és b galaktikus hosszúság, illetve szélesség (fokokban), a galaxis típusa (dIrr: szabálytalan törpegalaxis, dSph: szferoidális törpegalaxis), a galaxis integrált abszolút fényessége az optikai sávban, távolsága és átmérője (ezer fényévben) és a felfedezés éve szerepel.

A csillagképekről elnevezettek mind törpegalaxisok. A SagDEG a Sagittarius elliptikus törpegalaxis, míg a SagDIG a Sagittarius szabálytalan törpegalaxis.

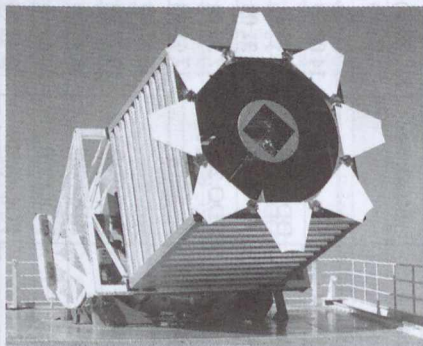
Szabó M. Gyula

Égboltfelmérések kozmológiája

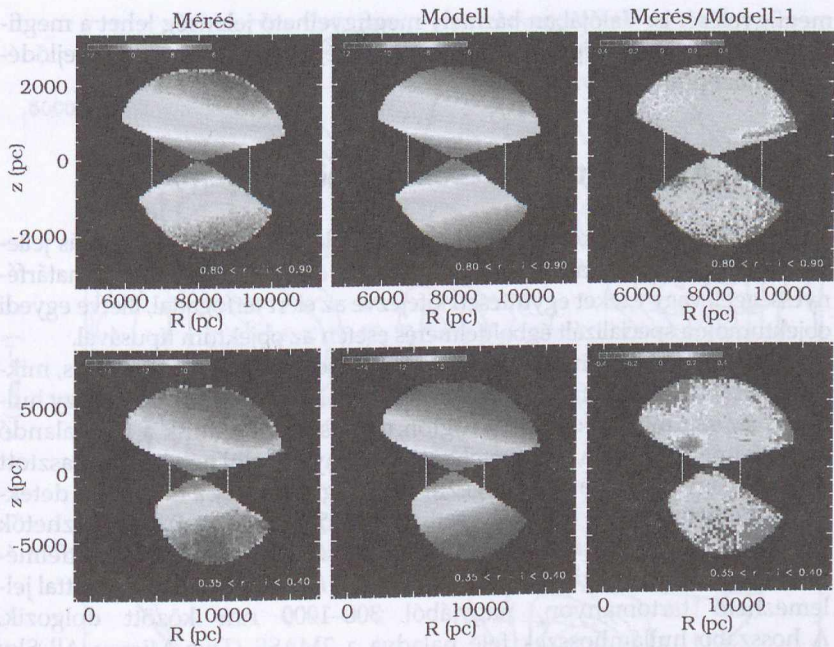
Bevezetés

Csillagászati környezetünk nagyléptékű szerkezetének leírása a *kozmológia* feladata. Kozmikus világképünk elméleti alapjait Einstein általános relativitáselmélete, a gravitáció mai ismereteink szerint legpontosabb leírása adja. Az elméleti kozmológia ennek alapján állva mintegy száz éves múltira visszatekintő tudomány. Vizsgálatának elsődleges tárgya az, hogy hogyan alakult ki a világegyetem, illetve milyen végállapot felé halad: az univerzum egy nagyon korai szakaszától kezdve a nagyságrendileg százmilliárd év múlva bekövetkező állapotokig fogalmaz meg jóslatokat. Ezt azért teheti sikerrel, mert az elmélet determinisztikus, a jelen állapot pontos ismerete birtokában tetszőleges időpontban le tudja írni a világegyetemet, mindaddig, amíg a relativitáselmélet egyáltalán alkalmazható. Mivel viszont „minden” a jelen állapot pontos megismerésén múlik, az adatgyűjtés a *megfigyelési kozmológia* elsődleges feladata (I. Mészáros, 2002).

Nyilvánvaló, hogy ehhez először nagyon sok egyedi objektum esetében (mint pl. galaxisok pozíció- és távolságmérése, szupernóvák robbanása stb.) el kell végezni a vizsgálatokat. A datálás, azaz a „visszatekintési idő” meghatározása a kozmológiai vöröseltolódáson alapul, ezért igen sok különböző vöröseltolódású eseményt kell összegyűjteni ahhoz, hogy folyamatos képet alkothassunk az események menetéről a közelebbi és a távolabbi múltban. Ehhez az égboltfelmérések jelentik az optimális eszközt, különösen, ha elég messzire látnak (azaz érzékeny a detektoruk) és teljesen automatizálva működnek. Így a hatékony



1. ábra. Az SDSS távcső az Apache Point Observatóriumban Arizonában.



2. ábra. Az SDSS csillagsűrűség-mérései láthatóvá tették a Galaxis által korábban elnyelt törpegalaxisokat.

munkához nagy távcsőre, legalább száz megapixel méretű CCD-kamerára vagy egyéb detektorra van szükség, amelyeket csak az elmúlt évtizedben tudtak kifejleszteni. A nagy éterületet betöltő, nagyszámú objektum áttekinthető jellegű vizsgálatát megcélzó égboltfelmérések viszont hatalmas mennyiségű (éjszakánként több gigabájt, a belátható jövőben pedig éjszakánként néhány terabájt méretű) adat előállításával járnak. Az áttekinthető adattárolást és az adatok ésszerű idő alatt elvégezhető keresését egyszerre kell megvalósítani, ami ebben a léptékben nehéz számítástechnikai feladatot is jelent.

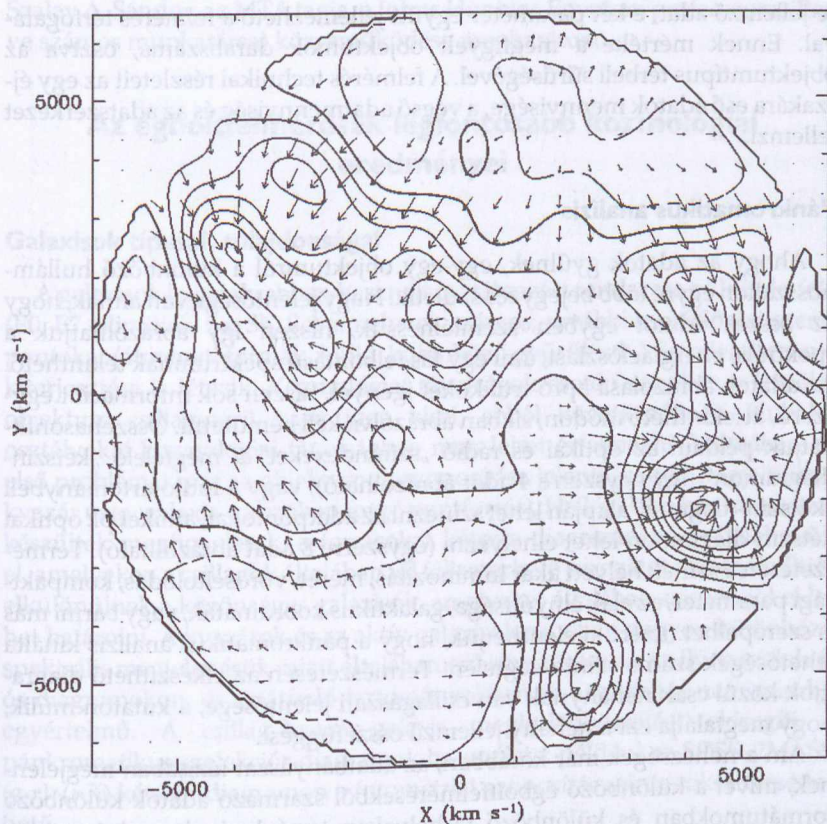
A megfigyelési kozmológia leghatékonyabb módszerei napjainkban alakulnak ki. Éppen ez a gyors fejlődés az oka annak, hogy megfigyelési oldalról jóval tágabban értelmezik a kozmológia vizsgálati területét: tárgyának kell tekintenünk nemcsak a nagyléptékű szerkezet vagy az anyag, sötét anyag, sötét energia mennyiségének meghatározását, hanem a galaxiskeletkezés és galaxisfejlődés megfigyelését, a csillagfejlődés történetének vizsgálatát a fejlődő univerzumban, vagy a csillagközi anyag történetének

megfigyelését is. Valójában bármely megfigyelhető jelenség lehet a megfigyelési kozmológia tárgya, ha ezeket a jelenségeket a világegyetem fejlődésének nézőpontjából vizsgáljuk.

Az égboltfelmérések technikai jellemzése

Az égboltfelméréseket néhány technikai jellegű paraméterrel szokás jellemezni: a felmérés hullámhosszával, a lefedett égterület méretével, a határfényességgel, vagy ezeket együttesen kifejezve az elért térfogattal, illetve egyedi objektumokra specializált égboltfelmérés esetén az objektum típusával.

A felmérés lehet gamma-, röntgen-, ultraibolya, optikai, infravörös, mikrohullámú vagy rádiótartománybeli. Ez talán a legjellemzőbb adat, így hullámhossz szerint csoportosítva rögtön meg is ismerkedünk a tárgyalandó égboltfelmérésekkel. A megfigyelési tartományon belül néhány kiválasztott hullámhossz környezetében végeznek megfigyelést, így a mérések a detektálási függvényekkel (optikai esetben szűrőfüggvénnyel) jellemezhetők pontosan. Az optikai tartományon a legjelentősebb képalkotó égboltfelmérés az SDSS (Sloan Digital Sky Survey); u , g , r , i , z optikai szűrősorozattal jellemezhető tartományon, nagyjából 300–1000 nm között dolgozik. A hosszabb hullámhosszak felé haladva a 2MASS (Two Micron All Sky Survey) közeli infravörös, teljes égboltra kiterjedő felmérését találjuk, a Johnson-féle fotometriai rendszer kiterjesztéseként értelmezhető J , H , K megfigyelések a 1000–2500 nm közötti tartományt fedik le. 12, 25, 60 és 100 μm -en az IRAS (Infrared Astronomical Satellite) adatai állnak rendelkezésünkre, és hasonló tartományon dolgozik az AKARI űrobszervatórium is, csak sokkal jobb felbontással és (üzemmódtól függően) némileg jobb vagy sokkal jobb határfényességgel. Az 1000–10 000 μm körüli tartományon figyelhető meg a mikrohullámú háttérsugárzás COBE (Cosmic Background Explorer), WMAP (Wilkinson Microwave Anisotropy Probe), illetve a kozmikus háttéren a mai világegyetem ujjlenyomatai. A rádióégbolt-felmérések a 6 cm – 1 m közötti hullámhossztartományt fedik le: GB6 6 cm (Green Bank 6 Catalogue), FIRST 20 cm (Faint Images of the Radio Sky at Twenty-centimeters), NVSS 20–90 cm (NRAO VLA Sky Survey). Az optikai tartománytól a rövidebb hullámhosszak felé haladva a GALEX (Galaxy Evolution Explorer) távoli és közeli ultraibolya, 153 és 231 nm-es hullámhosszú megfigyelései következnek. Az extrém rövid hullámhosszak kategóriájában két űrtávcsöves programot, a ROSAT (Röntgensatellit) röntgen- és az EGRET (Energetic Gamma Ray Experiment Telescope) gamma-égboltfelmérést kell megemlítenünk. Spektroszkópiai égboltfelmérések is működ-



3. ábra. A 2MASS galaxisok eloszlása a lokális univerzumban. A nyilak a kozmikus tágulásra korrigált sebességet (pekuliáris sebesség) jelölik.

nek: a legtöbb galaxist a 2dF (Two Degree Field) galaxis- és kvazárfelmérésben találjuk, a legtöbb csillagot a RAVE (Radial Velocity Experiment) napjainkban is bővülő adattárában. Ezek a programok optikai hullámhosszon működnek, fontos spektrális jellemzők mellett radiális sebesség vagy vöröseltolódás mérésére alkalmasak.

A lefedett éghorizont a második fontos paraméter. Bizonyos felmérések az egész égre kiterjednek, más vizsgálatok csak egy kisebb éghorizontra, és vannak felmérések, amelyeknek a célpontja esetleg egyetlen látómező. Észleléstechnikai szempontból fontos a látható leghalványabb objektum jellemzése, a határfényesség. A határfényesség és a megfigyelt terület inkább a műszer-

re jellemző adat, e két paraméter együtt jellemezhető a felmérés térfogatával. Ennek mértéke a megfigyelt objektumok darabszáma, osztva az objektumtípus térbeli sűrűségével. A felmérés technikai részleteit az egy éjszakára eső adatok mennyisége, a végső adatmennyiség és az adatszerkezet jellemzi.

Pánkromatikus analízis

Ahogy az adatok gyűlnek, egy-egy objektumról a különböző hullámhosszakon egyre több bejegyzés születik. Nagy jelentősége van annak, hogy az összes adatot egyben szemlélhessük, hiszen így ábrázolhatjuk a spektrális energiaeloszlást, ami egy kis felbontású spektrumnak tekinthető. Az adatok ábrázolása apró trükköket igényel, hiszen sok információt egyszerű, áttekinthető módon, síkban ábrázolva kell bemutatni. Összehasonlíthatjuk például az optikai és rádió „színindexeket” a megfelelő „kétszín-diagramon” (így egyszerre 4 adat ábrázolható), vagy a rádiótartománybeli „kétszín-diagram” alapján lehet színezzni az adatpontokat, amiket pl. optikai kétszín-diagramon lehet elhelyezni (egyszerre 8 adat ábrázolható). Természetesen a színek helyett akár luminozitás, méret, vöröseltolódás, kompaktsági paraméter, az alak elnyúltsága, galaktikus koordináták, vagy bármi más is szerepelhet. Ezért kijelenthetjük, hogy a pánkromatikus analízis kínálta lehetőségek száma szinte végtelen! Természetesen az elkészíthető diagramok közül csak néhánynak van csillagászati jelentősége, a kutatón múlik, hogy megtalálja ezt a néhány jellemző összefüggést.

Am a nehézségek már korábban, az adatbányászat fázisában megjelennek, mivel a különböző égboltfelmérésekből származó adatok különböző formátumokban és különböző tárhelyeken tartózkodnak az interneten. A kézi keresgetés itt nem alkalmazható, hiszen az égboltfelmérési jellegű vizsgálatokhoz nem ritkán százezer vagy még több objektum adatait kell összerendezni. Szerencsére a folyamat általában automatizálható, így lehetőség nyílik pánkromatikus analízisre. Jól használhatók egyes robotok, mint például a Gator keresőrendszer, amely a különböző helyről származó adatokat koordináták alapján azonosítja a 2MASS, IRAS, Spitzer stb. katalógusok adataiban. A másik lehetőség a napjainkban folyamatosan fejlődő Virtuális Obszervatórium (VO): ebben a rendszerben a kiválasztott objektumok különféle égboltfelmérésekben szereplő adatait táblázatszerűen vizsgálhatjuk, szűrhetjük, kereshetjük és vethetjük össze. Itt a felhasználó szempontjából jelentős, hogy minél több forrás legyen elérhető a VO-n keresztül. Ki kell emelni, hogy a VO fejlesztésében a magyar kutatók (pl.

Szalay A. Sándor, az MTA tagja, a Johns Hopkins Egyetem professzora, illetve számos munkatársa) közreműködése meghatározó.

Az égboltfelmérések legfontosabb kozmológiai eredményei

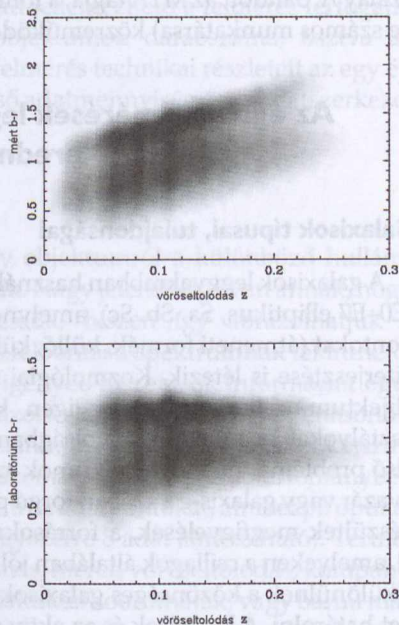
Galaxisok típusai, tulajdonságai

A galaxisok leggyakrabban használt osztályozási rendszere a Hubble-féle (E0–E7 elliptikus, Sa, Sb, Sc), amelynek számos, további morfológiai szempontokat (átmeneti formák, küllő, különböző gyűrűk stb.) figyelembe vevő kiterjesztése is létezik. Kozmológiai távolságok esetén azonban a legtöbb objektum csillagszerű vagy igen kicsi, ebből következően a Hubble-osztályokat kozmológiai távolságban nem lehet értelmezni. Valójában az első problémát már az objektumok azonosítása jelenti (vagyis hogy csillag, kvazár vagy galaxis-e a szóban forgó pontforrás). Ha legalább három sávban készültek megfigyelések, a forrásokat kétszín-diagramokon helyezhetjük el, amelyeken a csillagok általában jól felismerhető sorozatot alkotnak. Ettől elkülönülnek a közönséges galaxisok, amelyeket általában szintén jól el lehet határolni. A kvazárok és az aktív galaxisok azonban nagyon különböző spektrális megjelenésük miatt általában erősen szóródnak az ilyen szelekciós diagramokon, és az átfedő tartományokban az azonosítás nem mindig egyértelmű. A csillag–kvazár–galaxis megkülönböztetést elősegíti a páncromatikus szelekciós diagramok használata: például az SDSS–2MASS $(g-r)-(i-K)$ kétszín-diagramon a fotometriai azonosítás szinte tökéletessé tehető.

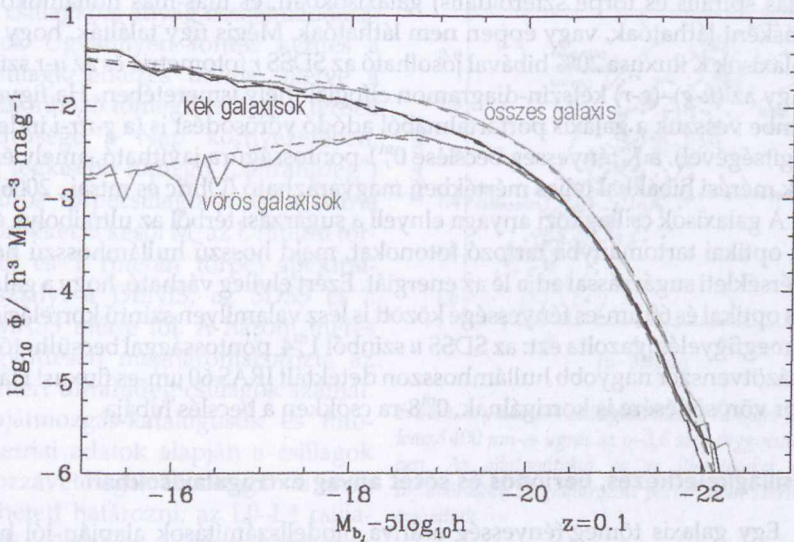
Az első probléma megoldása után kanyarodhatunk vissza az alapkérdéshez, a galaxisok új osztályozásához. A spektrális energiaeloszlás alapján létrejött egy fotometriai osztályozás, amely a galaxisok SDSS-színindexein alapul. A galaxis *spektroszkópiai típusát* (SED type) egy törtszám jellemzi, amelyet 0,01 pontossággal adnak meg, és lényegében azt méri, hogy mennyire „kék” vagy „vörös” az adott galaxis. A meglepő tulajdonsága ennek az osztályozásnak a bimodalitás, vagyis az, hogy a galaxisok nagy többsége két fő fotometriai típus egyikébe teljes biztonsággal besorolható: így beszélhetünk „kék” és „vörös” galaxisokról. A két osztály morfológiai sajátosságai (központi koncentrációja) szintén különböző. Ez az osztályozás részben megfeleltethető a Hubble-típusoknak: a kék galaxisok nagy része spirális, a vörös galaxisok nagy része elliptikus ugyan, de a megfelelés nem

tökéletes: vannak kék elliptikus és vörös spirális galaxisok is, mintegy 10%-os arányban. Az átmeneti vagy bizonytalan besorolású objektumok csoportja nem nagy, illetve fotometriai hibákkal magyarázható. Tekintetbe véve a Hubble-osztályok keveredését a fotometriai csoportokban, jogosan vetődik föl a kérdés, hogy miért nem figyelünk meg átmeneti fotometriai típusú objektumokat – erre ma még nem tudjuk a pontos választ (Hogg és mtsai, 2003). A galaxisok típusára utalhat a *koncentrációs index* is, annak a két apertúrának az aránya, amely a galaxis fényének 50%-át, illetve 90%-át tartalmazza. Az összefüggés nem szigorú: az elliptikus galaxisok koncentrációs indexe általában 2,5-nél nagyobb, de vannak ilyen megjelenésű spirálgalaxisok is.

A galaxisok nagyléptékű eloszlását a kétpont-, hárompont- stb. korrelációs függvényekkel írhatjuk le. A kétpont-korrelációs függvény nagyjából azt jelenti, hogy egy már azonosított galaxistól adott távolságra milyen valószínűséggel találunk egy másik galaxist – a véletlenszerűen fluktuáló háttér fölött. Ez egy végtelenben nullához tartó függvény, és általában jól közelíthető egy negatív kitevőjű hatványfüggvénnyel. A kisebb abszolút értékű hatványkitevő arra utal, hogy nagyobb távolságra is még relatíve több galaxist találunk a kiszemelt galaxis körül, vagyis hogy a vizsgált galaxistípus „diffúzabban” oszlik el a térben. Az SDSS eredményei szerint a kék és a vörös galaxisok eltérő hatvány szerinti lecsengést követnek, a kék galaxisok jobban csomósodnak. Ez nem meglepő, tekintetbe véve, hogy a vörös galaxisok közé számos kisebb elliptikus, szferoidális és egyéb törpegalaxis tartozik, amelyek a galaxishalmazok halójában és a halmazok közti mezőben is gyakran előfordulnak. A meglepő eredmény megint a határozott bimodális jelleg: a színindexek szerint válogatott minta kék részéből a vörösebb felé haladva sokáig azonos, a kék galaxisokra jellemző



4. ábra. A 2dF galaxisok vöröseltolódás–színdiagramja a megfigyelések szerint (fönt) és vöröseltolódásra korrigálva (lent). A kék és vörös galaxisok látványosan szétválnak.



5. ábra. A vörös és kék galaxisok luminozitás-függvénye a 2dF alapján.

meredekségű a kétpont-korrelációs függvény, majd egy ponton hirtelen ugrással áll be a vörös galaxisokra jellemző értékre. Ez ismét arra utal, hogy a kék és a vörös galaxisok teljesen különböző természetű objektumokat tartalmaznak (Budavári és mtsai, 2003). Figyelemre méltó, hogy az eloszlások nem függenek a luminozitásoktól, ha mindkét mintából, keverve vesszük a galaxisokat. Ez azért van így, mert a kék és a vörös galaxisok luminozitás-függvénye a fényes oldalon hasonló (egymással arányos), és csak a halványabb objektumok felé haladva kerülnek egyre inkább előtérbe a vörös galaxisok.

A galaxisok spektrális energiaeloszlása

A tárgyalt égboltfelmérések összevetésének egyik legmeglepőbb eredménye, hogy a galaxisok spektrális energiaeloszlása közel egyparaméteres függvény. Ebből következően, ha a galaxis egyetlen színindexét ismerjük, nagyjából meg tudjuk mondani a spektrális energiaeloszlás alakját az egész elektromágneses hullámhossztartományon. A galaxisok fénye több komponensből származik (különböző csillagok, csillagközi anyag különböző formái), amelyek eltérő összetételben vannak jelen a különböző típusú (pl.

óriás spirális és törpe sferoidális) galaxisokban, és más-más hullámokon másként láthatóak, vagy éppen nem láthatóak. Mégis úgy találták, hogy a galaxisok K fluxusa 20% hibával jósolható az SDSS r fotometria és az $u-r$ szín vagy az $(u-g)-(g-r)$ kétszín-diagramon elfoglalt hely ismeretében. Ha figyelembe vesszük a galaxis portartalmából adódó vörösödést is (a $g-r-r-i$ index segítségével), a K fényesség becslése $0^m,1$ pontosságra javítható, amely érték mérési hibákkal teljes mértékben magyarázható (Obric és mtsai., 2006).

A galaxisok csillagközi anyaga elnyeli a sugárzási térből az ultraibolya és az optikai tartományba tartozó fotonokat, majd hosszú hullámhosszú hőmérsékleti sugárzással adja le az energiát. Ezért elvileg várható, hogy a galaxis optikai és $60 \mu\text{m}$ -es fényessége között is lesz valamilyen szintű korreláció. A megfigyelés igazolta ezt: az SDSS u színből $1^m,4$ pontossággal becsülhető a százötvenszer nagyobb hullámhosszon detektált IRAS $60 \mu\text{m}$ -es fluxus! Ha a por vörösödésére is korrigálnak, $0^m,8$ -ra csökken a becslés hibája.

Csillagkeletkezés, barionos és sötét anyag extragalaxisokban

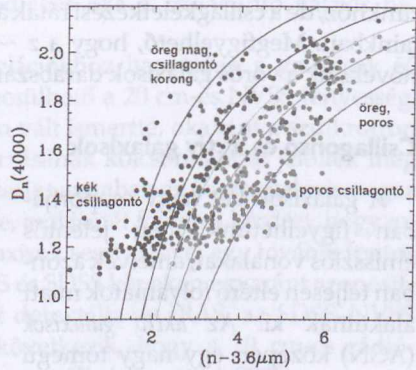
Egy galaxis tömeg/fényesség aránya modellszámítások alapján jól becsülhető a 400 nm -es fényesség és a $H\delta$ vonal erősségének arányával. Az SDSS-fotometria és a vöröseltolódás alapján kiszámítható a galaxis abszolút fényessége; ez a már ismert tömeg/fényesség arányon keresztül a tömeg meghatározásához vezet. A látható tömeg becslhető a luminozitás alapján, a modellspektrumok figyelembevételével. A csillagközi anyag aránya becsülhető a $g-r$ és $r-i$ színek vörösödéséből; ugyanez lehetséges az emissziós galaxisok esetében a $H\alpha/H\beta$ arányból. A GALEX fluxusaival kiegészítve a spektrumokat a nagy tömegű csillagok és a por hatását még pontosabban figyelembe lehetett venni (Salim és mtsai, 2004). Ezekkel a módszerekkel lehetővé vált az egymillió SDSS-galaxis látható, csillagközi és sötét anyagának vizsgálata. Az eredmények szerint a nagy tömegű galaxisokban már jórészt lezajlott a csillagkeletkezés: az egymilliárd naptömegű galaxisok 10%-a még csillagontó (tömegének 5%-a az elmúlt százmillió évben keletkezett), ám a 100 milliárd naptömegű objektumok között már egy ilyet sem találunk. Figyelemre méltó, hogy 10% elliptikus galaxis is van a nagy csillagkeletkezési rátájú csoportban. A galaxisok csillagainak össztömege függ a fémességtől is: nincsenek kis tömegű, kiemelkedően nagy fémességű galaxisok. Fontos eredmény, hogy a sötét anyag legalább 40%-a is a galaxisokban van jelen.

A csillagkeletkezés kozmológiai értelmezéséhez elengedhetetlen, hogy a folyamatokat először nagyjából helyesen megértsük a Galaxisunkban. Az IRAS, illetve későbbi, égboltfelmérést nem végző infravörös űrobszervatóriumok (ISO, Spitzer stb.) megfigyelték, hogy a csillagok hogyan keletkeznek

a csillagközi anyag összehúzódásából. Ugyanilyen fontos kérdés a csillagkeletkezés üteme, illetve a különböző tömegű csillagok térbeli sűrűsége a Nap környezetében. A legkisebb tömegű („ultrahideg”) vörös törpecsillagokat és a barna törpéket, a késői M, az L (lítium törpe) és T (metán törpe) spektrálosztályt a DENIS, az SDSS és a 2MASS mérte föl. A három mérés együttesen megháromszorozta az ismert ultrahideg csillagok számát. Sajátmozgás-katalógusok és fotometriai adatok alapján a csillagok hozzávetőleges távolságát is meg lehetett határozni; az L0–L4 csillagok sűrűsége a Nap közelében 0,0019 darab köbparszekenként (Cruz és mtsai., 2003). A többi spektrálosztályról hasonló részletességű, bár kevésbé újszerű eredmények születtek.

A csillagfejlődési ráta a modellek szerint jól leírható a spektrum 400 nm-es szakaszán mérhető ugrással, amely paraméter a csillagközi anyag vörösödésére ráadásul nem nagyon érzékeny; viszont ehhez a megfigyeléshez spektrumot kell készíteni. Fotometriából általában nem lehet egyszerűen következtetni a csillagkeletkezésre, mert a csillagkeletkezés és a por hasonlóan módosítják a közeli színindexeket. A GALEX–SDSS galaxisokból és a Spitzer űrtávcső megfigyeléseiből azonban kiderült, hogy az ultraibolya–infravörös, $n-3,6$ színindex jól korrelál a csillagkeletkezéssel, bár mindez függ a portartalomtól is. Ám ha egy jól választott infravörös színindex alapján a portartalmat megbecsüljük, a galaxis csillagkeletkezési rátája az $n-3,6$ színindex segítségével, azaz tisztán fotometriai módszerrel megmérhető (6. ábra).

A Hubble űrtávcső mélyvizsgálati területeit (HST Deep Field) a GALEX segítségével is megfigyelték. Ezek további földi megfigyelésekkel kiegészítve, több mint 8000, $z \sim 0,7$ távolságban lévő galaxis fotometriai és morfológiai vizsgálataira is lehetőséget adtak (Zamojski és mtsai., 2007). Ezekben az eredményekben is látszik a morfológiai és fotometriai paraméterek együttes fejlődése: a galaxisok megjelenését elsősorban a csillagkeletkezés határozza meg. A $z \sim 0,7$ távolságú galaxisok tulajdonságai hasonlóak a környeze-



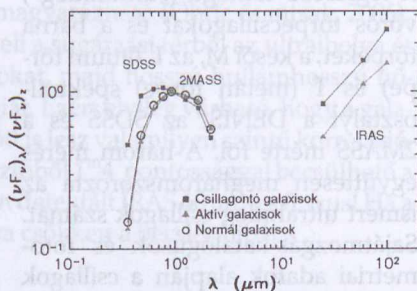
6. ábra. A galaxisok csillagkeletkezési rátájára jellemző 400 nm-es ugrás az $n-3,6$ szín függvényében. Az adatpontokat és az illesztéseket az infravörösben meghatározott portartalom szerint árnyalták.

tüinkhöz, de a csillagkeletkezési ráták átlagosan még magasabbak, mint napjainkban. Megfigyelhető, hogy a $z \sim 0,7$ kor és a mi korunk között még növekszik a vörös galaxisok darabszáma is.

Csillagontó és aktív galaxisok

A galaxisok két nagy csoportjában figyelhetünk meg jelentős emissziós vonalakat, amelyek azonban teljesen eltérő folyamatok miatt alakulnak ki. Az *aktív galaxisok* (AGN) közepén egy nagy tömegű aktív fekete lyuk helyezkedik el. A fekete lyuk akkréciós korongjára merőlegesen nagy energiájú plazmasugár tör elő, amely a rádiótartományban látványos. Az aktivitás emisszióra készíti a rendszer körüli diffúz csillagközi anyagot, amely az optikai spektrumban is megjelenik. A *csillagontó galaxisok*ban valamilyen folyamat (pl. gravitációs kölcsönhatás) heves csillagkeletkezést indukál, és (az emissziós ködökhöz hasonlóan) a fiatal csillagok ultraibolya sugárzása miatt figyelhetjük meg a csillagközi anyag optikai emisszióját. A kétféle folyamatot a spektrumvonalak aránya (pl. NII/H α , OIII/H β) alapján lehet megkülönböztetni. Az SDSS által gyűjtött egymillió galaxispektrumban számos aktív és csillagontó galaxist találunk, amelyeket egyszerre tanulmányozhatunk morfológiai, fotometriai és spektroszkópiai szempontból. Más égbolttölmérésekkel összevetve a mintát, azokban is biztosan azonosíthatóvá válnak ezek a különleges galaxisok, és végül az emissziós galaxisok spektrális energiaeloszlását is megrajzolhatjuk. A csillagontó galaxisok a megfigyelések szerint kékek és kis koncentrációs indexűek („diffúzak”). A GALEX képein főleg a csillagontó galaxisok látszanak, de az AGN-ek 10%-a is megjelenik, a ROSAT viszont leginkább az AGN-eket látta.

Az SDSS-IRAS csillagontó galaxisok 1^m -val fényesebbek 60 μm -en az átlagos galaxisoknál. Ennek három lehetséges oka van: a csillagontó galaxisokban a por melegebb az átlagosnál; a por több az átlagosnál; a beeső ultraibolya sugárzás több az átlagos galaxisra jellemző értéknél. A helyes magyarázatra a GALEX által detektált ultraibolya sugárzás vezetett: a 60



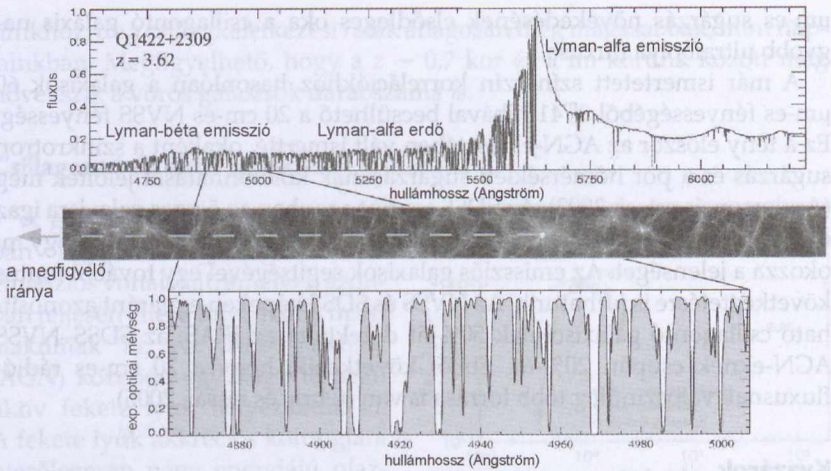
7. ábra. Az aktív galaxisok, a csillagontó és közönséges galaxisok SDSS z fluxusra normált spektrális energiaeloszlása az SDSS-2MASS-IRAS fotometria alapján.

μm -es sugárzás növekedésének elsődleges oka a csillagontó galaxis nagyobb ultraibolya fluxusa.

A már ismertetett szín–szín korrelációkhoz hasonlóan a galaxisok 60 μm -es fényességéből $0^{\text{m}}41$ hibával becsülhető a 20 cm-es NVSS fényesség. Ez a tény először az AGN-ek esetében vált ismertté, okaként a szinkrotron sugárzás és a por hőmérsékleti sugárzásának kölcsönhatását jelölték meg (Anderson és mtsai, 2003). Az SDSS szerint azonban az összes galaxisra igaz ez a korreláció, nem csak az AGN-ekre, ami ismét fölveti a kérdést, hogy mi okozza a jelenséget. Az emissziós galaxisok segítségével egy további fontos következtetésre is juthatunk. Az NVSS és SDSS képeken egyaránt azonosítható csillagontó galaxisoknak 50%-át detektálta az IRAS, az SDSS–NVSS AGN-eknek csupán 20%-át. Ebből következik, hogy a 20 cm-es rádiófluxusnak valószínűleg több forrása is van (Obric és mtsai, 2006).

Kvazárok

A kvazárok természetének megoldása szinte elválaszthatatlan a különböző hullámhosszú égboltfelmérésektől, az SDSS kvazárkatalógusában például több mint 100 000 objektumot találunk. Ezek a korai univerzum fiatal, aktív galaxismagjai: a centrális fekete lyukba behulló, nagy mennyiségű anyagot látjuk. Az energiatermelés nagyon nagy mértékű, a kvazárok abszolút fényessége általában -25^{m} körüli, ám ismerünk -30^{m} abszolút fényességű kvazárokat is! A színképben jellegzetes, a gyors mozgások miatt rendkívül kiszélesedett, általában többször ionizált elemek emissziós vonalai (MgII, CIII, CIV, SiIV, OIV, különféle Fe stb.) jelennek meg. Ezek arra utalnak, hogy ebben az anyagban már a kvazárok korszaka előtt lezajlott egy csillagkeletkezés (III. populációs csillagok), és már a korai univerzumban megjelenhettek a nehéz elemek. Az SDSS fedezte föl (Becker és mtsai, 2001) a távoli kvazárok színképében a Gunn–Peterson-vályút: a $z \sim 6$ körüli kvazárok színképében a hidrogén Lyman-alfa vonalától kisebb hullámhosszakon folyamatosan jelen lévő jelentős abszorpció figyelhető meg. Ez arra utal, hogy a sugárzás kezdetben semleges hidrogénben haladt, amely a sugárzás elnyelése árán ionizálódott. A közelebbi kvazárok színképében nem folytonos, hanem eseti jellegű Lyman-alfa abszorpciós vonalakat láthatunk (Lyman-alfa erdő l. 8. ábra), jól mutatva, hogy a korai csillagok sugárzásától a semleges hidrogén elkezdett ionizálódni, és semleges állapotban csak elszórt felhőkben maradt meg. Azon túl, hogy így megismerhettük a galaxisok közötti anyag állapotának fejlődését, az abszorpciós szerkezetek alapján ismét olyan megfigyelhető jelenséghez jutottunk, amelyből közvet-



8. ábra. A Lyman-alfa erdő kialakulása és összefüggése a csillagközi anyag eloszlásával. (Springel és mtsai., 2006.)

lenül következtethetünk az anyag, sötét anyag, sötét energia arányára a világegyetemben (Seljak és mtsai, 2004).

A kvazárok színe a részben szinkrotron eredetű kontínuum-sugárzás miatt optikai hullámhosszakon kékes, ezért spektroszkópia hiányában fotometriailag is jól fölismerhetők. Nem mellékes megjegyezni, hogy egyes kvazárok rövid időskálán jelentős fényváltozásokat mutatnak. A Palomar égboltfelmérés–SDSS közös Változó fényességű objektumok katalógusa azokat a csillagszerű forrásokat tartalmazza, amelyek a két felmérés között legalább $0^m,5$ fényváltozást mutattak; ezek nagy része félszabályos változó-csillag vagy kvazár.

Szupernóvák

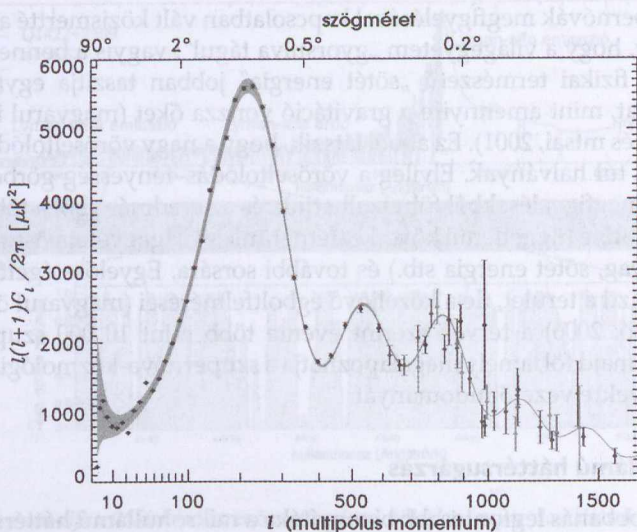
Az utóbbi időben a szupernóvák a kozmológiai vizsgálatok középpontjába kerültek. A szupernóvák nem standard gyertyák ugyan (mint korábban gondolták), viszont mind a fénygörbe halványodási üteme, mind a fényességmaximum színe, valamint bizonyos színképi jellemzők korrelálnak a legnagyobb fényességgel. Tehát ezek figyelembevételével elvileg lehetséges távolságmérés – bár a távolságskala zéruspontja, mint majdnem minden csillagászati távolságmérés esetén, a legtöbb esetben más mérésekkel meghatározandó paraméter marad.

A szupernóvák megfigyelésével kapcsolatban vált közismertté az a meglepő tény, hogy a világegyetem „gyorsulva tágul”: vagyis a benne lévő, ismeretlen fizikai természetű „sötét energia” jobban taszítja egymástól a galaxisokat, mint amennyire a gravitáció vonzza őket (magyarul ismerteti pl. Vinkó és mtsai, 2001). Ez abból látszik, hogy a nagy vöröseltolódású szupernóvák túl halványak. Elvileg a vöröseltolódás–fényesség görbe pontos alakját a megfigyelésekből följrajzolhatjuk, és az eredményből a többi módszertől relatíve függetlenül következtethetünk a világegyetem összetételére (sötét anyag, sötét energia stb.) és további sorsára. Egyelőre égető adathiánnyal küzd a terület, de a közeljövő égboltfelmérései (magyarul összefoglalja Szabó, 2006) a tervek szerint évente több mint 10 000 szupernóvát fedeznek majd föl, amely megalapozhatja a szupernóva-kozmológia pontos eredményekre vezető tudományát.

Mikrohullámú háttérsugárzás

Az ősrobbanás legfontosabb bizonyítéka a mikrohullámú háttérsugárzás jelenléte, hősugárzás jellege és nagyfokú izotrópiája, amint azt a COBE és a WMAP nagy pontossággal kimutatta. E sugárzás fotonjai akkor szabadultak ki, amikor $z=1088$ kozmológiai időben az atommagok befogták az elektronokat, azaz a sugárzás számára „nem átlátszó” plazma átlátszó anyagokká, semleges hidrogénné és részben héliummá vált. Tökéletesen homogén anyagból nem alakult volna ki a mai inhomogén univerzum: ennek megfelelően ugyanezek a műholdak megtalálták az 1/10 000 nagyságrendnyi eltéréseket mutató lokális csomósodásokat, „foltokat”, azaz anizotrópiát is. Ezek közül legjellegzetesebbek a mintegy egy foknyi látszó területű foltok csoportjai.

A háttérsugárzásra azonban a közeli világegyetem nyoma is ráakódott. A legfontosabb másodlagos mintázatot a Szunyajev–Zeldovics-jelenség okozza: a háttérsugárzás fotonjai ütköznek a galaxishalmazok közötti teret kitöltő ritka, forró plazma nagy sebességű elektronjaival, és azokról jelentősen lecsökkent hullámhosszal (azaz nagyobb energiával) „pattannak le”, így egyes irányokban a háttérsugárzás az átlagosnál melegebbnek tűnik. Az integrált Sachs–Wolfe-jelenség részben a háttérsugárzás gravitációs vöröseltolódásából származik, részben a sötét energia vagy a nem sík térszerkezet módosítja azt. Harmadrészt megfigyelhetjük a mai világegyetem mikrohullámú pontforrásait, amelyek kiszűrésében a 2MASS összevetés sokat segíthet. A WMAP adataiból megállapítható továbbá a Tejút sugárzási teljesítménye a 2,83–3,65 mm hullámhossztartományon (W sáv) $3 \cdot 10^{30}$ W, és az Andromeda-galaxisban (az előző érték 1,8-szorosa). Ezek a másodlagos



9. ábra. A háttérsugárzás szerkezetének spektruma az anyag csomósodását mutatja a korai univerzumban.

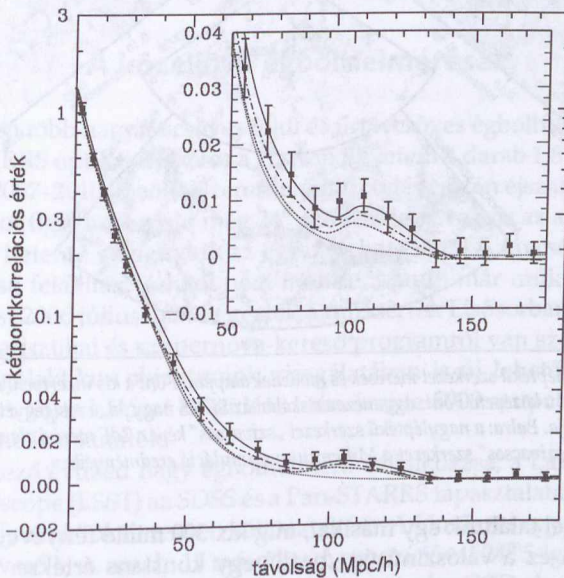
zavaró hatások azonban az anizotrópiához képest is kicsik, így annak vizsgálatát nem befolyásolják jelentősen (Afshordi és mtsai., 2003).

Az anizotrópia szerkezetéből ki lehet olvasni, hogy mekkora mértékű csomósodások vezettek a mai nagyléptékű szerkezet kialakulásához, és ennek fényében megvizsgálhatjuk a kozmológiai modelljeinket. Az eredmények szerint az anyag lassabban csomósodott annál, mintha csak a gravitáció játszott volna szerepet, amiből következtethetünk arra, hogy a csomósodás ellen ható valamely folyamat (a sötét energia) fontos szerepet játszott a struktúra alakulásában, az univerzum fejlődésében. Ugyanígy azt is megfigyelhetjük, hogy mekkora volt a mai világegyetem egy pontból „be-látható” része (az eseményhorizont) a lecsatolódás, azaz a háttérsugárzás keletkezésének idején. Ezekben a közös horizont alá tartozó cellákban az anyag ugyanis rendezett mintázatba tudott alakulni, amely elrendeződés szintén fölismerhető a háttérsugárzás spektrumában. A háttérsugárzás keletkezésekor az anyag az ilyen mérettartományú térrészekben belül volt kölcsönhatásban, itt az anyag mintegy „összehangolódott”, ami a foltok jellegzetes, egy fok körüli méretét okozta. A mintázat többszörös csúcsrendszerből áll: a legnagyobb amplitúdójú csúcs megmutatja a cella, vagyis az eseményhorizont méretét (ezt a fizikai analógia miatt akusztikus hullámnak is nevezik), a többi csúcs pedig az első csúcs felhangrendszere (9. ábra).

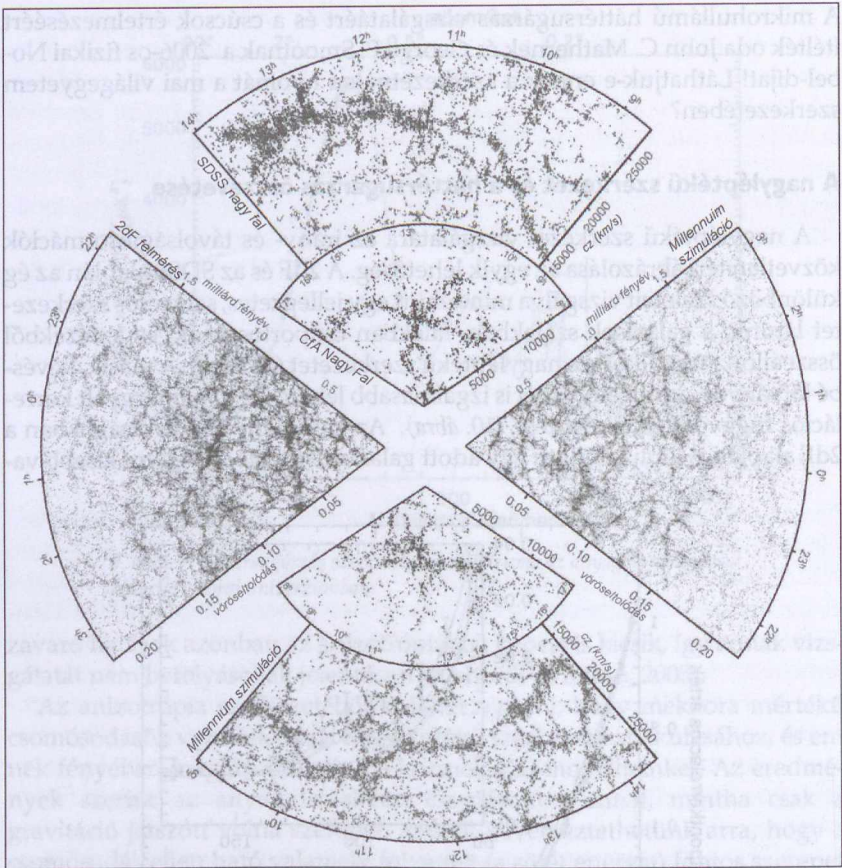
A mikrohullámú háttérsugárzás vizsgálatáért és a csúcsok értelmezéséért ítélték oda John C. Mathernek és George F. Smootnak a 2006-os fizikai Nobel-díjat! Láthatjuk-e ennek a szerkezetnek a nyomát a mai világegyetem szerkezetében?

A nagyléptékű szerkezet és a háttérsugárzás összevetése

A nagyléptékű szerkezet vizsgálatára az irány- és távolságinformációk közvetlen térbeli ábrázolása az egyik lehetőség. A 2dF és az SDSS alapján az ég különböző szeleteit vizsgálva mindenütt egy jellegzetes, szivacsos szerkezetet látunk: a galaxisok szálakban, falakban csoportosulnak, és az ezekből összeálló szövet alkotja a nagyléptékű szerkezetet (11. ábra). A másik, kevésbé látványos, ám az előbbinél is izgalmasabb lehetőség a már tárgyalt korrelációs függvények elkészítése (10. ábra). Az eredmény kis távolságokban a 2dF alapján is kirajzolódott: egy adott galaxistól távolodva egyre kisebb va-



10. ábra. A galaxisok térbeli kétpont-korrelációs diagramja az SDSS adatai alapján. A másodlagos csúcs (a kis inzertben kinagyítva) az akusztikus hullámok szerkezete a mai univerzumban, különböző modellekkel összehasonlítva. A nem illeszkedő modell az akusztikus csúcs nélküli háttérsugárzásból fejlődő univerzumot mutatja.



11. ábra. A nagyleptékű szerkezet mérések és modellek alapján. Fönt a kis insetben: a CfA nagy fal a Coma-halmazzal a közepén. Fönt: ugyanezen a skálán az SDSS nagy fal, a világegyetem egyik legnagyobb struktúrája. Balra: a nagyleptékű szerkezet „szivacsos” képe a 2dF mérési alapján. Lent és balra: nagy fal és „szivacsos” szerkezet a Millennium szimuláció eredményeiben.

lósínúséggel találunk egy másikat, míg kb. 300 millió fényévet meghaladó távolságban ez a valószínűség „beáll” egy konstans értékre. Ez azonban még nem az a szerkezet, amely a korai univerzum csomósodásaiból származott.

Az SDSS majdnem 50 000 távoli vörös galaxis alapján végezte el a fenti vizsgálatot, a kiválasztott galaxisok átlagos vöröseltolódása 0,32 volt, az elért térfogat 90 milliárd köbfényév. Eredményeik szerint a korrelációs függvény

450–550 millió fényév között egy kis növekedést mutat, ami arra utal, hogy a galaxisok szerkezetében ilyen méretű „óriáscsomók” is megjelennek – igaz, ezekben a sűrűsödés a környezetükhöz képest szinte elenyészően csekély. Ez a szerkezet lehet az akusztikus hullámok rég keresett maradványa, amit a kis sűrűségkülönbségek miatt kevesebb galaxis alapján korábban még nem lehetett megbízhatóan kimutatni. Látva a háttérsugárzásban az első csúcs szögmeretét és ismerve a most talált barioncsúcs skálahosszát, végül egy „abszolút” méterrudat kaphatunk, amely a kozmikus háttérsugárzás keletkezéséig nyúlik. Ennek a méterrúdnak a hossza szintén fontos kozmológiai paraméter, amit a különböző modelleknek reprodukálniuk kell! Érdekeségként megemlítendő, hogy az eredmények alapján a tér sík, vagy görbülete nagyon enyhén negatívnak tűnik, és ismét sok sötét energia adódik. A görbületre vonatkozó eredmény azonban bizonytalan, különösen annak fényében, hogy az elmúlt években inkább a nagyon enyhén pozitív görbületű univerzum felé mutattak a megfigyelések (Eisenstein és mtsai, 2005).

A közeljövő égboltfelmérései

A jövőben több nagytávcsöves földi és űrtávcsöves égboltfelmérés indul. A Pan-STARRS optikai felmérés a Hawaii Egyetem 4 darab 1,8 m-es távcsövére épül, 2007–2010 között. Üzemszerű működés esetén éjszakánként 5000 négyzetfokot figyelnek majd meg 24^m fényességig, vagyis az adott határfényességgel hetente végigmérik az egész látható eget! A távcsövek prototípusa a végső felállítási helytől nem messze, Mauiin már működik, az első megfigyelést 2006 júliusában végezték a műszerrel. Elsősorban kozmológiai, galaxisstatisztikai és szupernóva-kereső programról van szó, bár természetesen a galaktikus objektumok vizsgálatában is új lehetőségeket nyit majd meg. A teljes hálózat kiépülése után évente 5000 szupernóva megfigyelését remélik a kutatók.

A következő évtized nagy égboltfelmérő vállalkozása, a Large Synoptic Survey Telescope (LSST) az SDSS és a Pan-STARRS tapasztalatai alapján készül, mintegy azok tökéletesített változataként. A főműszer egy 8,4 méteres, egytűkrű távcső lesz, amely 15 másodperc expozícióval $24^m,5$ -ig örökíti meg az eget. A kamerafej ember méretű, 3500 megapixeles CCD elrendezés lesz, a műszer látómezeje 10 négyzetfok. 6 színszűrővel folynak majd a megfigyelések, egy-egy égtérület lefényképezése után a műszer automatikusan a szomszédos égtérület felé tekint majd, és újra indul a $6 \times (15+2)$ másodperces megfigyelési program. Ilyen módon az egész eget nagyjából 3 naponta vé-

gigméri majd a műszer! Az adatok azonnal, tehát mindenféle technikai vagy tudományos késleltetés nélkül elérhetők lesznek a világhálón. (Így mindenki szinte úgy érezheti majd: „van egy nyolcméteres távcsövem a kert végében...”) A műszer jelenleg tervezési szakaszban van, az adatkezelés okozza egyelőre a legnagyobb gondot: éjszakánként 35 TB anyagot kell éveken keresztül archiválni és kereshetővé tenni! A várakozások szerint az LSST föl fogja fedezni a Földre veszélyes összes kisbolygót, a fővben lévő kisbolygókat 500 méter átmérőig, az összes RR Lyrae változócsillagot 250 ezer fényéven belül, a Mira változókat 2,5 millió fényéven belül, évente fölfedez és kimér 3500 szupernóvát. A program egy töredék idejében 10–20 perces expozíciókkal galaxishalmazok irányába végeznek megfigyeléseket (5 látómező, 50 négyzetfok), amelynek eredményeképpen még 10 000 szupernóva fölfedezése várható évente, azaz évente egy nagyságrenddel több, mint a történelem előtti időktől 2006-ig összesen!

Az űrcsillagászatban továbbra is helye lesz az égbolttelméréseknek. Az AKARI műhold célja, hogy az IRAS-nál sokkal jobb felbontással és határfényességgel megfigyelje az egész infravörös eget. Az égbolttelméréseken kívül egyedi megfigyelésekre is alkalmas lesz. Az ESA Planck műholdját 2008 folyamán tervezik pályára állítani. Ennek célja a háttérsugárzás vizsgálata a WMAP-nél kétszer jobb felbontással. Várható, hogy a későbbi világegyetem hatásait is ezzel a felméréssel lehet majd először részletesen megvizsgálni. A legezotikusabb vállalkozás kétségtelenül az ESA–NASA együttműködés LISA műholdjainak pályára bocsátása, amelynek célja a gravitációs hullámok fölfedezése és a gravitációs megfigyelő csillagászat megalapozása lesz. A megfigyelési területnek az a különleges jelentősége, hogy gravitációs hullámok segítségével beláthatunk a háttérsugárzás mögé, a világegyetem korai állapotába. Másrészt a gravitációs hullámok amplitúdója nem a távolság négyzetével fordítottan arányosan csökken, mint a fényé, hanem csak annak első hatványával – vagyis gravitációs hullámokon észlelve a távoli világegyetem nem annyira „halvány”, mint elektromágneses tartományon. Ez egyelőre a távoli jövő megfigyelési területe: az úttörőnek nevezhető LISA már akkor is sikeres lesz, ha egyáltalán talál gravitációs hullámokat. A rendszer három műholdból fog állni, amelyek egymástól 5 millió kilométerre keringenek, a gravitációs hullámok a közöttük lévő távolságokat változtatgatják majd. Itt a műholdak távolságát lézeres módszerrel kell majd megmérni, hiszen a szokványos gravitációs hullámok még így is csak atomi méretű változásokat okoznak. Bár ez a rendszer távolról sem fog hasonlítani egy szokásos távcsőre, siker esetén rendkívül értékes kozmológiai jóslatokhoz vezethet el.

Összegzés

A cikkben tárgyalt megfigyelések alapján kristályosodott ki a kozmológiai paraméterek ma általánosan elfogadott értéke: a világegyetem mintegy 23–30% anyagot és 70–77% sötét energiát tartalmaz, a Hubble-állandó kb. 70 km/s/Mpc, a tér sík vagy ahhoz nagyon közeli geometriájú, és a világegyetem kora 13,5–14 milliárd év. Az egymástól nagyrészt független eredmények összhangja megnyugtató. Láthattuk azt is, hogy a „mágikus számok” keresése közben számos új, alapvető ismerettel is gazdagodtunk, amelyek értéke semmivel sem kisebb a kozmológiai paraméterek körül kialakult konszenzumnál, hiszen az extragalaktikus csillagászat területén izgalmas, új fejezeteket nyitottak meg.

E jövőbeni kutatások nagy ígérete az égboltfelmérési technika. Szerencsés, hogy a számítástechnika (adatbányászat, képfeldolgozás) és az űrtechnika fejlődése egyszerre tette lehetővé az összes hullámhossz elérését és az egyes adatok összekapcsolását. Az internet és a kutatói mobilitás szintén napjainkra eső gyors fejlődése lehetővé tette, hogy ezekbe a kutatásokba nagyon sok kutató kapcsolódhasson a világ bármely tájáról, és létrejöttek az égboltfelmérések sajátos, „interkontinentális” asztrofizikai műhelyei, amelyekben nagy szellemi potenciál halmozódott föl. Az égboltfelmérési módszer máris sok izgalmas megfigyeléshez és meglepő válaszokhoz vezetett, de ez alapján is szinte csak megsejteni lehet a benne rejlő jövőbeni lehetőségeket.

Irodalom

- Afshordi, N. et al. (2003) *Phys. Rev. D* 69, 083524
 Anderson, S. F. et al. (2003) *Astron. J.* 126, 2209
 Becker, R. H. et al. (2001) *Astron. J.* 122, 2850
 Budavári T. et al. (2003) *Astrophys. J.* 595, 59
 Cruz, K. L. et al. (2003) *Astron. J.* 126, 2421
 Eisenstein, D. J. et al. (2005) *Astrophys. J.* 633, 560
 Hogg, D. W. et al. (2003) *Astrophys. J.* 585, 5
 Mészáros A. (2001) in *Meteor csillagászati évkönyv 2002*, 203. old., MCSE, Bp.
 Obric, M. et al. (2006) *Monthly Notices* 370, 1677
 Salim, S. et al. (2004) *Astrophys. J.* 601, 1075
 Seljak, U. et al. (2004) *Phys. Rev. D* 71, 103515
 Springel, V. et al. (2006) *Nature* 440, 1137
 Szabó M. Gy. (2006) *Meteor 2006/12*, 37
 Vinkó J. és mtsai (2000) in *Meteor csillagászati évkönyv 2001*, 228 old., MCSE, Bp.
 Zamojski, M. et al. (2007) *Astrophys. J. Suppl.* 172, 468

Éder Iván

Digitális mélyérfotózás

Minden kezdő amatőrcsillagász számára a Hold és a bolygók megfigyelése jelenti a legnagyobb élményt, látványuk lenyűgöző. A mélyég-objektumokkal azonban már nem ez a helyzet. Aki már nézett távcsőbe, tudja, hogy a ködök, galaxisok zöme igen halvány, kis távcsővel szemlélve elsőre nem nyújtanak olyan élményt, mint pl. a Szaturnusz gyűrűi. Megfigyelésükhöz tiszta, sötét ég és gyakorlott szem szükséges. Egy-egy érdekes, halványan derengő objektum megpillantása is nagy élményt adhat az észlelőnek, de a fényképezés egészen új lehetőségeket kínál ezen a területen.

A mélyégek fotózása nem egyszerű feladat, sok türelmet és kitartást igényel. Cserébe viszont olyan halvány objektumokat is megörökíthetünk, amelyek megpillantására amatőrtávcsővel esélyünk sincs. Láthatóvá tudjuk tenni a színeket, amelyeket halványságuk miatt vizuálisan nem érzékelünk távcsőben – legfeljebb a legfényesebb planetáris ködök esetében.

A lényeg a hosszú záridőben rejlik. A film, vagy digitális kamera érzékelője – saját szemünkkel ellentétben – ugyanis képes a beérkező fotonokat hosszabb ideig gyűjteni, aminek hatására a nagyon halvány objektumok, vagy alacsony kontrasztú részletek is nyomot hagynak a képen.

Napjainkban három elterjedt képrögzítési módszer alkalmas színvonalas mélyérfotózásra. A hagyományos kémiai, vagyis filmes technika, a kifejezetten csillagászati célra kifejlesztett hűtött CCD-kamerák, és az egyre szélesebb körben elterjedő digitális tükörreflexes fényképezőgépek (DSLR, digital single-lens reflex camera).

A filmes fotózás

Legnagyobb előnye, hogy nem igényel komoly kezdeti beruházást, hiszen a mélyégek fotózásához nem szükséges nagy tudású fényképezőgép. Lényeges szempont, hogy a gép tükörreflexes legyen, tehát az objektívnek levehetőnek kell lennie, hogy a távcsövet mint egy szuper-teleobjektívet csatlakoztathassuk hozzá. Továbbá feltétlenül szükséges a „B idő”, hiszen

ezzel a funkcióval tudunk hosszú perceket, vagy akár órákat exponálni. A B idő a legtöbb kisfilmes tükörreflexes gépen beállítható, beleértve a 30–40 éves, teljesen manuális modelleket is, mint pl. a Zenit, vagy a Praktica. Ilyen kisfilmes tükörreflexes gépek pár ezer forintért beszerezhetőek a fotóbizományi üzletekben. Ahhoz, hogy szép fotót tudjunk készíteni, érdemes a célnak legmegfelelőbb filmet választani. Fontos, hogy a film kontrasztos legyen, hiszen halvány objektumokat szeretnénk megörökíteni. A diapozitívok eleve sokkal keményebbek a negatívoknál, érdemes azokat használni. A vörösrézékenység is nagyon lényeges ezen a területen, viszont a legtöbb film alig, vagy egyáltalán nem érzékeny a $H\alpha$ vonal 656 nm-es hullámhosszára. Mélyégfotózáshoz a legjobban a Kodak E200 ill. a Fuji Provia 400F típusú diák váltak be a jelenleg még kapható filmtípusok közül. Az E200 vöröse éppen ezen a hullámhosszon a legérzékenyebb, ezért az emissziós ködök fotózására talán ez a legalkalmasabb emulzió. A filmes fotózásnak azonban sok hátránya van a digitálissal szemben. Az úgynevezett reciprocitási hiba (vagy Schwarzschild-effektus) miatt jóval hosszabb expozíciót kell alkalmazni, $f/4$ – $f/6$ fényerőkre jellemzően 30–120 perc záridő szükséges sötét egű észlelőhelyről. Ez elsősorban az objektum követése miatt okoz gondot, továbbá a kép ellenőrzése sem lehetséges sem fókusz, sem követés szempontjából. Számtalan alkalomra emlékszem, amikor egy-egy csodás egű észlelőhelyvége után az izgatottan várt képek a fotólaborban végül nagy csalódást okoztak. Legtöbbször életlen, bemozdult, ritkábban megkarcolódott, vagy idegen fényt kapott képek születtek.

De a jól sikerült felvételeket érdemes egy kis számítógépes utómunkával feldolgozni, hogy szebbek, kontrasztosabbak legyenek, és a halványabb objektumok is előtűnjenek. Ehhez először digitalizálni kell a nyersanyagot, amit jó minőségben nem egyszerű megoldani. A kifejezetten erre a célra gyártott filmszkennerek meglehetősen drágák (több százezer forint), az olcsóbb diafeltétes lapszkennerekkel ellenben nem lehet azt a részletgazdagságot visszaadni, ami az eredeti dián, vagy negatívon látható. Profi laborokban elvégzik ugyan a szkennelést, de a jó minőségért komoly pénzt kérnek, képenként akár több ezer forintba is rúghat a tarifa. Saját filmes pályafutásom is itt fulladt kudarcba, hiszen ekkor már elgondolkodik az ember azon, hogy olcsó gépváz ide vagy oda, tényleg megéri-e megvenni a diát, aztán csak bajlódni a laborokkal, utána pedig fizetni a szkennelést... Arról nem is beszélve, hogy nagyon sok filmtípus gyártását már beszüntették, és sok – jelenleg még kapható – emulzióra is minden bizonnyal ez a sors vár. Ki tudja, meddig lesz még kapható asztrofotózásra is alkalmas film?

Ezek után nézzük meg, mik a lehetőségek a digitális vonalon!

Hűtött csillagászati CCD-kamera

Kétségtelen, hogy a legjobb minőséget ilyen kamerákkal érhetjük el. Ám a legtöbb CCD felbontása még nagyon kicsi, másképpen fogalmazva kevés képpontot (pixelt) tartalmaznak, jellemzően 2 Mp alattiak. Ez akkor igazán probléma, ha részletgazdag, ugyanakkor nagyobb látómezejű képeket szeretnénk készíteni. Ehhez nagyobb méretű és pixelszámú érzékelőre van szükség. Természetesen léteznek 3, 6, 11, sőt, újabban már 16 megapixeles (Mp) modellek is, ám ezek ára milliós nagyságrendű. Tehát ha valaki a legjobb minőséget szeretné, mélyen a zsebébe kell nyúlnia. A CCD-kameráknak ezen kívül nagy hátrányuk, hogy használatuk igen körülményes, továbbá számítógépet és szaktudást igényelnek. Ez a városi embereknek nagy probléma, hiszen az egyre növekvő fényszennyezés miatt kénytelenek elmenekülni egy-egy sötét egű észlelőhelyre – legtöbbször nomád körülmények közé – hogy szép fotót tudjanak készíteni a kiszemelt mélyég-objektumokról. Ilyenkor általában felmerül az áramellátás problémája is, hiszen ezek a kamerák igen sokat fogyasztanak. Egy laptop, egy nagyobb CCD-kamera és a távcsőmechanika együtt már annyi energiát vesz fel, hogy egy nagy autóakkumulátort is gyorsan lemeríthet. A város fénybujára alól speciális szűrőkkel lehet ugyan fotózni, azonban ez csak bizonyos objektumok esetében működik, és a képek sohasem lesznek olyan szépek, mintha jó ég alatt készültek volna.

A filmes és a CCD-kamerás képrögzítés helyett az amatőröknek kiváló alternatívát jelentenek az egyre inkább elterjedő digitális SLR-ek.

A digitális tükörreflexes fényképezőgépek

Úgy gondolom, ár-érték arányban ezek a legjobb asztrokamerák, nem utolsósorban pedig velük lehet a legkönnyebben sikeres felvételeket készíteni. Magukban hordozzák a filmes gépek egyszerűségét és a nagy csillagászati CCD-kamerák legtöbb jó tulajdonságát is. Ezenkívül – eredeti funkciójukat betöltve – nappal is teljes értékű fényképezőgépként üzemelnek.

Jelenleg körülbelül 140 ezer forintnál kezdődnek az asztrofotózásra jól alkalmazható új gépvázak, amelyek 15×22,5 mm-es, ún. APS-C méretű és 6–10 Mp felbontású képérzékelővel vannak ellátva. 600 ezer Ft-ért teljes, kisfilm méretű (24×36 mm) szenzorral szerelt modellt kaphatunk meg, közel 13

Mp-es felbontással. A tapasztalat az, hogy a legolcsóbb modellek legalább annyira jó teljesítményt nyújtanak mélyégfotózásnál, mint a drágábbak, s ezért szerencsére elég csak a szükséges minimumot költenünk egy ilyen gépvázra. Természetesen a képérzékelő mérete a legolcsóbbak esetében csak $15 \times 22,5$ mm-es, és a felbontás is 6–10 Mp közötti, viszont ezek a paraméterek a csillagászati CCD-kamerák közül a legjobbakra jellemzőek. A teljes kisfilm méretű érzékelővel szerelt gépek igazából nem nyújtanak annyival nagyobb látómezőt és felbontást, mint amennyivel többé kerülnek. Röviden nem éri meg a drágább modellekre költeni pénzünket, kivéve, ha a maximumot szeretnénk kihozni a digitális SLR gépek adta lehetőségekből.

Felbontás

A filmes fotózásra legjellemzőbb 24×36 mm-es (kisfilm) ill. a $6 \times 4,5$ – 6×9 cm-es középformátumhoz képest a képérzékelő mérete kisebb ugyan, de a sűrűn elhelyezett pixelek mégis nagyon részletgazdag és jól nagyítható képeket eredményeznek, 20×30 cm-es, vagy még nagyobb méretben. A filmek a digitalizálás során általában sok részletet veszítenek, amit csak méregdrága profi szkenneléssel lehet kiküszöbölni. A digitális gépek megkímélnék bennünket ettől a procedúrától.

Fontos kiemelni, hogy egy ilyen kamerával, adott távcsővel jóval részletesebb képet készíthetünk egy-egy objektumról, mint filmre (l. színes melléklet). Igaz, a látómező mérete kisebb lesz, de ezt bőven kompenzálja a kép felbontása. Valójában egy 500 mm fókuszú műszerrel már meglepően részletgazdagok a kisebb kiterjedésű galaxisok is, nem is szólva a nagyobb szög méretű objektumokról. Tökéletes vezetés és élességállítás esetén ilyen fókuszú műszerrel hasonló felbontást érhetünk el, mint filmre egy kb. 1000 mm-es fókuszú távcsővel. Ebben az esetben a nagyjából azonos felbontás mellett viszont a digitálissal mégis nagyobb látómezőt kapunk, és csak fele akkora távcsővel dolgozunk (l. színes melléklet).

Határfényesség

A kép részletességét nem csak a felbontás határozza meg, nagyban befolyásolja a megörökíthető leghalványabb objektumok fényessége is. Megfelelően hosszú expozíciókkal a képek határfényessége meglepően jó, a 20 magnitúdót már kis távcsővel is könnyedén el lehet érni. Ebben a csillagászati CCD-khez képest valamelyest elmaradnak ugyan, a filmes technikánál azonban sokkal jobbak a digitális SLR gépek, ráadásul utóbbiaknál sokkal rövidebb expozíciós idővel érhető el a határfényesség.

Képzaj

Ha diára fotózunk, a képzaj mértéke elsősorban az emulzió érzékenységtől és típusától függ. Általános szabály, hogy minél érzékenyebb egy film (minél magasabb az ISO, vagy DIN értéke), annál zajosabb lesz a kép. Általánosságban még elmondható, hogy azonos érzékenység mellett a diák kevésbé zajosak, mint a negatívak. Természetesen a zaj akkor is erősebb lesz, ha alulexponált a kép.

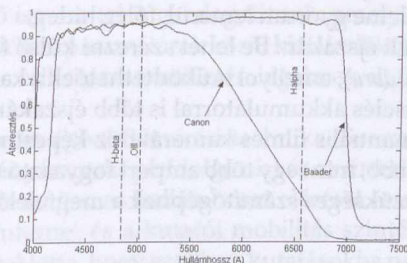
A digitális technikánál kicsit bonyolultabb a helyzet. Itt a képzaj sok dologtól függ. Függ a géptípustól, a beállított érzékenységtől (ISO érték), függ a hőmérséklettől és az expozíció hosszától. A képzaj annál nagyobb, minél nagyobb az ISO érték, minél magasabb a hőmérséklet és minél hosszabb a záridő. Mivel a mélyég-objektumokra még a digitális gépekkel is hosszú perceket kell exponálni, a képzaj jelentősen megnőhet a rövid záridejű felvételekhez képest. A nappali fotózásnál magas ISO értéknél jelentkező képzaj általában egyenletes eloszlású, filmszerűen jelentkezik, a hosszú expozícióknál azonban egyes képpontok fényesednek ki. Mivel a pixelek érzékenysége nem azonos, vannak olyanok, amelyek gyorsabban, és vannak, amelyek lassabban telítődnek. Ilyen kifényesedett pixelből akár több tízezer is megjelenhet a képen hosszú expozíció alatt. De mivel azonos körülmények között (expozíciós idő, ISO érték, hőmérséklet) ezek ugyan ott vannak és az intenzitásuk is azonos, megfelelő sötétkép (dark) segítségével ez a zaj utólag korrigálható úgy, hogy a sötétképet kivonjuk az eredeti képből. A csillagászati CCD-kamerák egyik legnagyobb előnye, hogy az alacsony képzaj érdekében hűtéssel látják el őket, amivel a képérzékelő hőmérsékletét -20 és -40°C közé (termoelektromos hűtés), vagy akár -100°C -ra (folyékony nitrogénnel) tudják csökkenteni. Az amatőrök részére készített kamerák esetében az egyszerűbb, termoelektromos hűtés csak a külső hőmérséklethez képest eredményez 20 – 40 fokkal kevesebbet, de így is a hosszú expozíciós felvételeken jóval kisebb a termikus zaj, mint a hűtetlen digitális tükörreflexes gépeknél. Télen, 0°C körül egyébként már a DSLR-eknek is minimális mértékű a zajsztintje.

A képzaj másik összetevője leegyszerűsítve a kamera érzékenységétől függ. Ez a zaj látszik a nappali rövid záridős felvételeknél is. Minél nagyobb ISO értéket állítunk be, annál szemcsésebb lesz a kép. Magas érzékenységnél a gép már jelentős erősítést alkalmaz a kép megfelelő fényessége érdekében, ezért lesz erős a zaj. A kompakt digitális kamerákban egy-egy pixel mérete nagyon kicsi, ezért sokkal kevesebb foton tud gyűjteni adott záridő alatt, mint egy tükörreflexes gép jóval nagyobb képpontjai. Emiatt ott már alacsony érzékenységen (pl. ISO 100) is erősítést alkalmaznak, így ezeknél a

típusoknál az erős képzaj sokkal jellemzőbb. Mivel a mélyég-objektumok legtöbbje igen halvány, lényeges, hogy a képzaj ne nyomja el azt a kis jelet, ami ezekről az objektumokról jön. Mivel az erősítésből eredő zaj véletlenszerű, ezért képlevonással nem korrigálható, viszont a mértéke több felvétel átlagolásával tetszés szerint csökkenthető. Minél több képet átlagolunk össze, annál jobban csökken a zaj, így annál halványabb, kevésbé kontrasztos részletek válnak láthatóvá.

Spektrális érzékenység

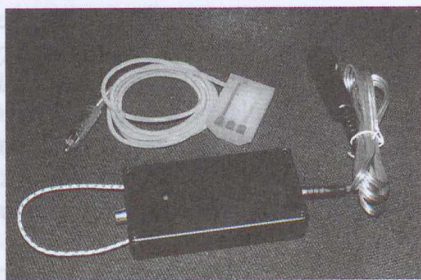
A mélyég-objektumok egy része csak néhány hullámhosszon sugároz a látható tartományban. Ezek döntően az emissziós ködök, planetáris ködök és szupernóva-maradványok. A legfontosabb hullámhosszak az OIII vonalai (500 nm körül), a H β (486 nm) és a H α (656 nm) vonalak. Ahhoz, hogy az ilyen típusú objektumokat megörökítsük, a kamerának is érzékenynek kell lennie ezekre a hullámhosszakra. A DSLR-ek kivétel nélkül jól „látanak” 500 nm körül, ám bajok vannak 656 nm-nél, a H α vonalnál, ahol a piros színű diffúz ködök sugároznak. A baj szerencsére nem az érzékelőben van, hanem a képérzékelő elé gyárilag beépített UV/IR és aluláteresztő szűrőben. Ez a szűrő vörösben jelentősen kevesebbet ereszt át, és a képérzékelő egyenetlen spektrális érzékenységét hivatott kompenzálni (1. ábra). Tehát ha ezt a szűrőt kicseréljük, vagy eltávolítjuk a gépből, akkor 656 nm-en körülbelül hatszorosára nő az áteresztés, ami lényeges különbség. Hatására a kamera egyszerűen megtáltosodik, és a leghalványabb ködöket, H α -emissziós tartományokat is lefotózhatjuk vele. Az átalakítást viszonylag kedvező áron itthon is vállalják, mindenképpen megéri megcsináltatni. Vigyázzunk, csak megfelelő referenciával rendelkező, tapasztalt emberre bízunk a munkát!



1. ábra. Fent a gyári Canon és a Baader UV/IR szűrők áteresztése látható. Jól látszik, hogy míg az 500 nm körüli hullámhosszakon mindkét szűrő közel 100%-ban átereszt, addig a H α vonalon csak a Baader.

Áramfelvétel

A DSLR-ek saját akkumulátorral működnek, amellyel általában elég sok expozíciót lehet készíteni nappal. Éjszaka azonban ez nincs így. Hosszú záridejű felvételeknél a gép sajnos folyamatosan áramot vesz fel – típustól függően néhány száz milliampert óránként –, ezért a saját eleme gyorsan lemerül, főleg hideg, téli éjszakán. Be lehet szerezni külső tápellátást (pl. 12 V-os akkumulátor, l. 2. ábra), amellyel működtethetőek a kamerák. Így már egy kisebb kapacitású zselés akkumulátorral is több éjszakán keresztül fotózhatunk. Ez a teljesen manuális filmes kamerákhoz képest nyűg ugyan, mégis sokkal kényelmesebb, mint egy több ampert fogyasztó nagy csillagászati CCD-nek és a hozzá szükséges számítógépnek a megfelelő energiát biztosítani.



2. ábra. Házi készítésű külső táp.

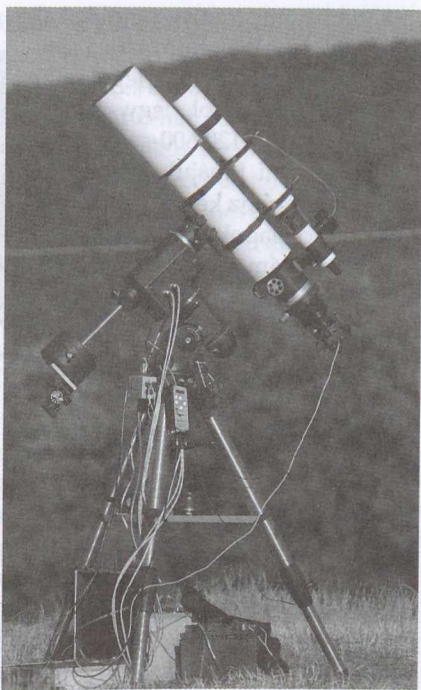
Fotózzunk DSLR-rel!

A távcső

Távcsövünk egy nagylátászögű fotóobjektívól a hosszú fókuszú amatőr-távcsövekig bármilyen lehet. Fontos a jó fotografikus képalkotás, mivel a DSLR gépek érzékelőinek finom felbontása már a legkisebb hibát is láthatóvá teszi, legyen az akár színezés, vagy torzítás a látómező szélén. A másik fontos paraméter a fényerő. Minél fényerősebb a távcsövünk vagy objektívünk, annál rövidebb idő szükséges egy-egy kép elkészítéséhez. Ez azért nagyon fontos, mert a hűtetlen DSLR-ek képzaja jelentősen növekszik az expozíció növelésével, főleg egy meleg, nyári éjszakán. Ezenkívül egy-egy kitelepülés alkalmával több objektumot is lefotózhatunk. A fókusz távolság választásánál vegyük figyelembe azt, hogy a DSLR-ekkel legalább kétszer jobb felbontást tudunk elérni, mint egy átlagos asztro-filmmel. Ezért azonos fókusszal készült felvételeket sokkal nehezebb megvezetni, ha digitálissal fényképezünk. A gyakorlatban ez azt jelenti, hogy nem érdemes 1000 mm-es fókusz fölé mennünk, mert nagyon nehéz dolgunk lesz a vezetéssel, és a légköri nyugtalanság (seeing) is gyakran korlátozni fogja a felbontást.

Mégis, milyen távcsövet vegyünk? Manapság nagy divatja van az ún. *apokromatikus refraktor*oknak, éles, kontrasztos, színhiba-mentes leképezé-

sük és nagy kitakarás-mentes (vignettátalan) látómezejük miatt. Sajnos azonban kevés az igazán fényerős modell, és általában nem tökéletesen korrigált a látómezejük. A legtöbb apokromáthoz ezért képsík-korrektort kell használni, ami nem mindig egyszerű, hiszen nem minden cég gyárt ilyen lencsés távcsövéhez. Más gyártók korrektoari ugyan működhetnek jól, de erről csak tapasztalati úton tudunk meggyőződni. Esetleg az interneten találhatunk információt, vagy referenciaképet a megfelelő távcső-korrektor kombinációról. Sok gyártó a korrektort egyben fókusz-reduktorral is kombinálja, amivel kicsit tovább növeli a fényerőt. Ha fotózásra szeretnénk használni a műszert, vásárlás előtt mindenképpen győződjünk meg arról, hogy szükséges-e hozzá korrektor lencse, és ha igen, pontosan milyen, kapható-e stb.



3. ábra. 130/780-as TMB refraktor EQ6 mechanikán

Az apokromátoknál jóval olcsóbb megoldást jelentenek a *klasszikus Newton-távcsövek*, melyeket akár $f/4$ fényerővel is megvásárolhatunk. A kóma-hiba, vagy széltorzítás itt törvényszerűen jelentkezik, viszont a megfelelő kómakorrektort könnyen be lehet szerezni, hiszen minden közepes fényerejű ($f/4$ – $f/6$) Newton-reflektorhoz általában azonos típus való.

Ilyen pl. egy 150/750-es ($f/5$), vagy 200/800-as ($f/4$) modell, mely ideális választás lehet.

Léteznek még fényerősebb, *speciális asztrográfok*, ám nagyon-nagyon drágák. Ilyenek pl. a Borg 100–125 mm-es nyílású $f/2,8$ – $f/4$ -es lencsés távcsövei, az ASA 20–30 cm közötti nyílású és $f/2,2$ – $f/3,8$ közötti nagyfényerejű fotós Newtonjai, vagy a Takahashi 180/500-as $f/2,8$ -as, módosított Newton-rendszerű (hiperboloid főtükör + korrektor) asztrográfja. Kicsi, de nagyteljesítményű műszerek lehetnek még a *fényerős teleobjektívek* is, mint pl. a Canon 2,8/200 L, vagy 2/135 L objektívjei, amelyek teljes nyíláson is kiváló képet adnak, és az áruk még viszonylag megfizethető.

Kisebb kompromisszumokkal alkalmasak lehetnek fotózásra a *fényerős akromátok* is. Ezek a legolcsóbb lencsések, mint pl. egy 80/400, 100/500, vagy 120/600-as modell. Ugyan a színi hibájuk jelentős az apokromátokhoz képest, tehát a fényesebb csillagok körül erős kék haló látszik, ám ez speciális szűrőkkel csökkenthető, vagy teljesen el is tüntethető. A tapasztalatok szerint legjobban a Baader Contrast Booster és UHC-S szűrője látja el ezt a feladatot.



4. ábra. Digitális fényképezőgép egy 200/1000-es Newton-távcsővön

A Newton-távcsöveknél (és minden tükrös rendszernél) előfordul, hogy tökéletes vezetés esetén is kicsit bemozdult képet kapunk. Ez jellemzően a főműszer optikáinak az expozíció alatti minimális elmozdulása miatt van, amit a vezetőtávcsőben nem látunk, ezért értelemszerűen nem is tudunk korrigálni. Ez leginkább hosszabb záridőknél, vagy nem elég mereven befoglalt/alátámasztott optikák esetén fordulhat elő, sok bosszúságot okozva. Ha ilyen problémánk van, próbáljuk a főtükör alátámasztását mereven megoldani (pl. az esetleges rugalmas alátéteket kivenni), és a tubus minden lehetséges rugalmasságát megszüntetni. Ha nem boldogulunk, akkor az ún. off-axis vezető használata jelent megoldást.

Ez a mozgás természetesen jelen van a lencsés műszereknél is, de ott az optika természete miatt a kép nem mozdul el a fókuszban.

Mechanika

A mélyég-fotózáshoz elengedhetetlen a jó minőségű, óragépes mechanika. Sajnos a legprecízebben kivitelezett távcsőállvány sem követ tökéletesen, aminek főleg mechanikai okai vannak. A legtöbb szerkezetben található csigaorsót és áttételeket szinte lehetetlen tökéletesen elkészíteni, ezért a követés pontatlan, az óragép hol picit késik, hol pedig siet. Ennek az ún. periodikus hibának a mértéke jellemzően a 30 és 5 ívmásodperc között mozog, de minőségi kategóriától függően előfordulnak ennél szélsőségesebb értékek is. Tehát ha pl. egy 135 mm-es teleobjektívvel elméletileg körülbelül 10–15"-es részleteket tudunk megörökíteni, akkor a mechanikának nem lehet ennél nagyobb periodikus hibája, mert különben a kép bemozdult lesz. Ha ez a kritérium nem teljesül, akkor vezetni kell a felvételt, vagyis a követé-

si hibákat korrigálni kell expozíció közben. A követés pontosságának határt szab a felállítási pontatlanság és a légköri refrakció is. A gyakorlatban igaz az, hogy egy 200 mm-es teleobjektívet 5–10 perces expozíciókkal már vezetni kell a tökéletes eredményhez. A mechanikát tehát objektívünk/távcsővünk felbontásához válasszuk meg. A kis periodikus hibán kívül nagyon fontos még, hogy a hiba mindkét tengelyen jól és azonnal korrigálható legyen. Fontos továbbá, hogy ne lépjük túl a mechanika névleges teherbírását, mert egy túlterhelt rendszer a legkisebb szélre is nagyon érzékeny lesz. A legjobb, ha a teljes fotós felszerelés tömege nem haladja meg a névleges terhelhetőség felét–kétharmadát.

Vezetőtávcső

Ha hosszabb fókusszal fotózunk, és/vagy a mechanika követése nem elég pontos, vezetni kell felvétel közben. Ehhez a legtöbb esetben egy kis távcsövet, ún. vezetőtávcsövet kell szerelni a főműszer mellé. Evvel egy fényesebb csillagon folyamatosan ellenőrizhetjük a követést, és hiba esetén még időben korrigálhatunk rajta. Ezt vagy egy nagy nagyítást adó megvilágítható szálkeresztes okulár segítségével manuálisan végezzük, vagy automata vezetést (autoguidert) szerelünk fel. Az autoguidert nagyon hasznos eszköz, ám rendkívül érzékeny a szélre és a mechanika egyéb pontatlanságaira, ezért legtöbbször sok vele a gond. Vásárolhatunk kifejezetten ilyen célra gyártott eszközöket (pl. SBIG ST-4, SBIG STV), vagy akár egy hagyományos webkamera is alkalmas lehet, a megfelelő programmal működtetve. Utóbbi esetben sajnos elkerülhetetlen a számítógép, vagy laptop használata. Sok bosszankodástól kíméljük meg magunkat, ha a klasszikus okuláros módszerrel, vizuálisan vezetünk. Ehhez megfelelő lehet egy szálkeresztes okulárral ellátott 5–8 cm-es lencsés távcső, melynek nagyítása az alkalmazott objektív vagy távcső fókuszának minimum a negyed része legyen. Tehát pl. egy 200/800-as Newtont legalább $800/4=200$ x-os nagyítással vezessünk. Ezt a lencsés távcsövet célszerű a főműszer tetjére, vagy egy megfelelő platform segítségével közvetlenül mellé elhelyezni. Téves az az elképzelés, hogy a vezetőt a nagytávcsővel párhuzamosan kell szerelni. Az a cél, hogy úgy találjunk vezetésre alkalmas, viszonylag fényes csillagot, hogy a főtávcsövet kicsit se kelljen elmozdítani a megörökítendő égterületről. Ehhez valamelyik távcsövet, a legtöbbször a kisebb méretű vezetőt, célszerű a fix tubusgyűrű helyett állítható, ún. vezetőgyűrűbe célszerű tenni.

Aki tükrös távcsővel exponál hosszabbakat, annál a fent már említett tükrömozgás-probléma jelentkezhet. Ekkor érdemes a vezetőtávcső helyett

ún. off-axis (vagy sajtófókuszú) vezetőtoldatot használni. Ez egy kis prizma segítségével a főműszer fénykúpjának tengelyen kívüli részéből vetít ki egy darabot, amelyet vezetésre alkalmazni lehet. Ennek előnye, hogy a távcsőben keletkező mindenféle képmozgást, követési hibát tökéletesen korrigálni tudunk, továbbá nem kell a mechanikát a vezetőtávcső plusz tömegével terhelni. Hátránya viszont, hogy nehéz vele vezetőcsillagot találni, és használata viszonylag sok fényutat igényel. Ehhez általában minimum 20–25 mm többlet kell, hogy a vezetőtoldatot a kihuzat és a kamera közé rögzítve még éles képet kapjunk a fényképezőgéppel. Ez sajnos sok gyári Newton-távcsőnél gondot okoz, de a legtöbb esetben kis átalakítással orvosolható a probléma.

A tükrös vagy katadioptrikus rendszereket éppen a tükrömozgás miatt nem javaslom vezetésre.

A fényképezőgép

Hosszú expozíciós felvételekre a Canon digitális EOS sorozata a legelterjedtebb, talán nem véletlenül. Az egyedülállóan fejlett – ma már harmadik generációs – CMOS érzékelők minimális zajszintet mutatnak magas ISO értékeknél is, ami nagyon lényeges a halvány és alacsony kontrasztú objektumok megörökítésénél. Más géptípusoknál (pl. Nikon) is hasonlóan kicsi a zajszint, de ezt csak rendkívül erős zajszűréssel érik el, ami sajnos a kép apró részleteinek a rovására megy, ugyanis a zajon kívül a szűrés azokat is elmosa. Ezáltal a halvány csillagok eltűnnek, az apró, finom részletek elvesznek a képről. A Canon EOS sorozatából a legegyszerűbb (és legolcsóbb) típusok a legmegfelelőbbek, hiszen a nagy tudásra és gyorsaságra nincs szükségünk, a lényeg a B idő és a hozzá tartozó minimális képzaj, illetve magas jel-zaj arány. Az sem utolsó szempont, hogy ezekben a modellekben a legkisebb teljesítményű a processzor, ami a belső hőtermelés szempontjából kedvező. Átalakításhoz is talán az olcsóbbakat érdemes feláldozni, melyek jelenleg az EOS 300D, 350D és 400D típusok. Természetesen a félprofesszionális vagy professzionális EOS gépek is kiválóan alkalmasak a feladatra.

Az ég alatt

Ha kimentünk az észlelőhelyre és összeszereltük a távcsövet, első dolgunk, hogy a mechanikával pólusra álljunk. Ha új felszerelést vásároltunk, mindenképp ne felejtjük el a pólustávcső szállemezt párhuzamosítani az óratengellyel.

A DSLR fényképezőgépünket a távcső ún. primer fókuszába kell rögzíteni. Ilyenkor a távcső mint teleobjektív működik, tehát nincs szükség okulárra és a gép objektívjére. Szükség van viszont egy (vagy több) adapterre, amellyel a gépet az okulárkihuzatba illesztjük. Bajonettes fényképezőgép-nél általában ez egy megfelelő bajonett-T2 és egy T2-1,25" (vagy T2-2") adaptert jelent. Ha teleobjektívvel fotózunk, akkor a rögzítés magától értetődik, a gépet a fotómeneten keresztül valahogyan a (vezető)távcső mellé kell felszerelni.

Következő lépésként érdemes fókuszálni a kamerát. Ez sajnos az éjszakai égbolton nem könnyű feladat, s a gép keresőjében látott kép alapján legtöbbször csak közelítő eredményre juthatunk. Állítsunk be egy viszonylag fényes csillagot, vagy bolygót, amin a durva állítást el tudjuk végezni. Ezután készítsünk egy kb. 10 másodperces tesztfelvételt, és nagyítsuk ki a képet a gép LCD monitorján. Az élesség nem a fényes, hanem a halványabb csillagokon ellenőrizhető a legbiztosabban. Ha nem vagyunk elégedettek az eredménnyel, állítsunk az élességen valamelyik irányba. Az állítás mértékét ne a keresőben nézzük, hanem egy vörös fényű lámpával figyeljük a fókuszálót, vagy az objektív fókuszáló gyűrűjét. Nagyon kicsi mozgásra lesz szükség. Ezután megint csináljunk tesztfelvételeket és ellenőrizzük, hogy javul-e az élesség, jó irányba állítunk-e stb. Így próbálgatva néhány perc alatt beállíthatjuk a fókuszt. A fényerős, modern teleobjektívekkel fényes csillagra lehetséges ugyan az autofokuszálás, de a legtöbb esetben az automatika nem elég pontos. Ilyenkor manuálisan javítsunk még rajta. Ha megvan az élesség, ne felejtjük el az optikát rögtön átkapcsolni manuális módba, mert különben a gép minden expozíció előtt élesíteni próbál, és fényes csillag hiányában elállítja a nehezen megtalált fókuszt. Az élességet a hőmérséklet-változás (hőtágulás) miatt az éjszaka folyamán többször is ellenőrizzük.

A fókuszálásnak vannak egyszerűbb módjai is. Az egyik, hogy egy rövid fókuszú okulárt parfokálásra állítunk egy megfelelő állítható toldat segítségével (5. ábra).

Ilyenkor a gép helyére a először a toldatot tesszük, avval élesítünk, majd a fókuszírozót rögzítjük s ezek után tesszük csak fel a kamerát, mely így már fókuszban lesz. Ezt a parfokalizálót úgy kell beállítani, hogy a felfekvési pontja és az okulár közötti távolság megegyezzen a fényképezőgép felütközési



5. ábra. Parfokalizált élesítő toldat

pontja és fókuszszíkja közti távolsággal. A módszer előnye, hogy nagyon pontosan látszik az élesség, és nem kell mindig tesztfelvételeket készíteni, csak egyszer, amikor beállítjuk a todatot. Elég hosszú fényút esetén, refraktoroknál billenőtükörrel is kombinálhatjuk a rendszert, ilyenkor fókuszálásnál nem kell levenni a gépvázat, csak átbillenteni a tükröt. Mindenképpen olyan rövid fókuszú okulárt használjunk hozzá, amellyel a nagyítás eléri a távcső mm-ben mért átmérőjének az értékét, vagyis a kilépő pupilla legfeljebb 1 mm-es legyen, de inkább kisebb. Ezt a minimum nagyítást a nyílásviszonnyal mm-ben megegyező fókusz-távolságú okulárral kapjuk meg. Tehát pl. egy 200/800-as Newton ($f/4$ -es nyílásviszony) esetén ez $200\times$ -os nagyítás, amihez 4 mm-es okulárra van szükség. Csak ilyen relatíve nagy nagyításon látszik megfelelő pontossággal a fókuszpont, a kis kilépő pupilla miatt.

Az élesítésre vannak más módszerek is. Az egyik a Hartmann-maszk, melyet a távcső nyílása elé kell helyezni, és aztán a kamera keresőjében ellenőrizni a fókuszot. A Hartmann-maszknak van egy módosított változata, melyen a két kis kör alakú nyílás helyett két, egymásra merőleges pálcika formájú lyukat vágunk a maszkra. Az élesség ebben az esetben akkor jó, ha a fényképezőgép keresőjében látott két pálcika pontosan középen metszi egymást.

A gépvázakhoz lehet kapni nagyobb nagyítású szögkeresőt, amellyel pontosabban látható a fókusz a gép keresőjében, mind a Hartmann-maszkos, mind pedig a sima fókuszálásnál.

Élesíteni lehet még számítógépes segítséggel is, ám ehhez legtöbbször motorizált fókuszáló és megfelelő program szükséges.

Az élesség beállítása után keressük meg a fotózni kívánt égitestet. Ha halványasága miatt nem látszik az objektum, egy térkép vagy térképprogram és a csillagkörnyezet segítségével tudunk a megfelelő pozícióra állni, ill. a kívánt képkompozíciót beállítani. Egy-két rövidebb vezetetlen tesztfelvétellel ellenőrizhetjük, hogy megfelelően állítottuk-e be a képkivágást. A művelet végén ne felejtjük el a mechanikát rögzíteni, aztán pedig ellenőrizni, hogy mindeközben nem mozdult-e el a képkivágás.

Ezután a vezetőtávcsővel keressünk vezetésre alkalmas csillagot, itt is ügyelve arra, hogy a főtávcsövet ne mozdítsuk el a beállított pozícióból. Ezért csak finoman állítsuk a vezetőgyűrű csavarjait, ne alkalmazzunk durva mozdulatokat. Ha a vezetőcsillag is megvan, próbáljuk ki a vezetést, hogy jó-e a korrekciós sebesség, megfelelően reagál-e a mechanika stb. Ezután elkezdhetünk exponálni. Mindenképpen szükségünk van elektromos kioldószinórra, de a legjobb, ha programozható expozícióvezérlőt használunk. Ebben az esetben nem kell mindig lesni az időt, a beállított idő elteltével leáll az expozíció.

Ha halvány objektumot fotózunk, vagy szeretnénk halványabb részleteket is megörökíteni, célszerű sok képet készíteni az adott területről, melyeket aztán a kis zaj érdekében később számítógéppel összeátlagolunk. Egy-egy expozíció hossza jó ég esetén $f/5,6$ -os nyílásviszony mellett lehet kb. 10 perc, ISO 800 érzékenységen. Más fényerőre lineárisan lehet átváltani az időt, tehát pl. $f/4$ -re ugyanez 5 percet, $f/2,8$ -ra két és fél percet, $f/8$ -ra pedig 20 percet jelent. A legtöbb Canon-gépnél ez az ISO 800-as érzékenység mondható ideálisnak. Jogos lehet a kérdés, hogy nem jobb-e alacsonyabb érzékenységen hosszabbat fotózni, pl. ISO 100-on 80 percet. A tapasztalat azt mutatja, hogy lényegesen simább lesz 8 db 10 perces ISO 800 kép átlaga, mint az egy ISO 100-on készült 80 perces. Ez így kicsit több utómunkát igényel ugyan, de a szebb végeredmény érdekében mindenképp megéri a fáradozást. Más előnye is van a rövidebb záridőknek: pl. ha vezetés közben történik valami baki, jön egy szellőkés, felhő, vagy bármi, nem kell az egész hosszú expozíciót előlről kezdeni, azonkívül a fénykép sem zajosodik be annyira. Ha kicsit fényszennyezett az egünk, és/vagy a Hold is a horizont felett van, használhatunk mélyég-szűrőt a jobb eredmény érdekében. Látnyos javulást az emissziós és planetáris ködök, valamint szupernóva-maradványok esetében érhetünk el, ezek azok, amelyek fényük jelentős részét csak az 500 nm és 656 nm körüli hullámhosszakon bocsátják ki. A szűrőt is ennek megfelelően válasszuk ki úgy, hogy ebben a két tartományban eresszen csak át. Ilyenek pl. a Baader UHC-S, a Lumicon Deepsky, az IDAS LPS, vagy az Astronomic UHC fotovizuális szűrői.

Mindenképpen nyers formátumban (RAW) rögzítsük a képeket, hiszen így színcsatornánkénti 12 bit (4096 árnyalat) áll a rendelkezésünkre, a jpeg 8 bitjével (256 szín) szemben. Ez nagyon fontos, ha a feldolgozás során ki szeretnénk emelni a halványabb részleteket is a képből. Emellett a színegyensúly és egyéb beállítások is utólag, adatvesztés nélkül végezhetőek el a képen.

Korábban már említettem, hogy a digitális érzékelők hosszabb expozíciónál zajosodnak. Ez a zaj azonban eltüntethető a képről úgy, hogy azonos körülmények (expozíciós idő, hőmérséklet, ISO érték) mellett letakart optikával ún. sötétképet készítünk, amelyet később digitálisan levonunk az eredeti képből. Normális esetben ez a kép csak azt az állandó zajt fogja tartalmazni, amellyel a rendes képünk terhelt. Célszerű több darkot is készíteni, majd azokat összeátlagolni annak érdekében, hogy csak olyan zaj maradjon a végleges sötétképen (masterdark), amely a többi rendes képen is jelen van. A legtöbb DSLR gépen van beépített hosszú expozíciós zajszűrés, ami minden kép készítése után közvetlenül egy azonos záridejű sötétképet csinál, amit aztán saját maga levon az eredetiből. Ezt azonban nem

előnyös használni, főleg, ha sorozatot készítünk. Ugyanis az expozíciós idő ebben az esetben gyakorlatilag megduplázódik, pl. 10 db 10 perces kép készítése 100 perc helyett 200 percig fog tartani. Ráadásul ebben az esetben a sötétkép-levonás sem lesz tökéletes, hiszen minden képből csak egy dark lesz levonva, nem pedig a masterdark. Ha tehát több képet készítünk, feltétlenül kapcsoljuk ki a zajsűrűséget. Így sokkal több idő jut az éjszakából a lényegre, hiszen a darkokat elég a képek után elkészíteni, ha már világosodik az ég. Amúgy is ritka a derült éjszaka, használjuk ki a lehetőségeket! Természetesen sötétképet később is készíthetünk, csak ügyeljünk arra, hogy a hőmérséklet is azonos legyen az eredeti expozícióval. Sőt, az adott körülmények között készített darkokat tárolhatjuk is, mert könnyen lehet, hogy egy későbbi sorozathoz alkalmazhatók, és így akkor majd nem kell újakat készíteni.

A sötétkép levonása nem mindig tökéletes, előfordulhat, hogy egy-egy fényes pixel marad a képeken. Ezért a távcsővel exponált rendes képeket egymáshoz képest célszerű néhány pixellel elmozdítani, hogy az adott égrészlet mindig más képpontra essen a fényképezőgép érzékelőjén. Így aztán a csillagokra illesztett fotók átlagolásával ezek a véletlenszerű hot-pixelek is kiátlagolódnak. A látómező-eltolás többek között segít eltüntetni a kisebb porszemek által vetett árnyékokat, és az érzékelő lehetséges hibáiból eredő kisebb egyenetlenségeket is. Ezt az eltolást elvégezhetjük manuálisan úgy, hogy picit mindig tekerünk a vezetőtávcső egyik csavarján, majd a kézivezérlővel középre állítjuk a vezetősillagot. Egyes számítógépes kameravezérlő programok is tudják ezt, és van olyan hazai gyártmányú kis programozható elektromos készülék is, amely magától elvégzi ezt az elmozgatást. Utóbbinak „T-boy” a neve („távcső-bolygató”). A szép, egyenletesen sima háttérű felvételeknek ez is a titka.

Ha a fotózott képeken vignettáció jelentkezik, akkor ún. flat képpel is korrigálnunk kell az eredeti felvételt. Ez egy homogén felületről készült kép (pl. tiszta kék égbolt), amely csak a megvilágítás egyenetlenségeit tartalmazza. A vignettáción kívül a porszemek árnyékát és az érzékelő esetleges nem egyforma karakterisztikáját is el lehet így tüntetni. A darkkal ellentétben itt nem lényeges, hogy ugyanolyan körülmények között készítsük a képeket, viszont fontos, hogy ugyanazzal az objektívvel, ugyanolyan blendével készüljön a felvétel. A porszemek miatt lehetőleg ne sokkal később, vagy korábban készült flat-et használjunk a kalibrációnál. Az ISO érték és az expozíció hossza ebben az esetben teljesen különbözhet, lehet ISO 100 melletti pl. 1/2000 másodpercet alkalmazni.

Képfeldolgozás

A képfeldolgozás, az utómunkák lényege, hogy a nyers képek legtöbbször gyenge, alacsony kontrasztú megjelenését kicsit „kipofozzuk”, kihangsúlyozzuk mindazt, amit mi fontosnak érzünk megmutatni a képen. Természetesen mindezt a jó ízlés határain belül, úgy, hogy a kép részletgazdag és esztétikus legyen. Mivel erre nagyon sok alternatíva létezik, nincs recept, hogy pontosan hogyan kell ezt végezni.

Először viszont mindenképp arra van szükség, hogy kalibráljuk a képet, vagyis minden olyat eltüntessünk rólok, ami valójában nincs az égen. Ezek a zaj, a kiugró pixelértékek, a vignettáció, a porszemek árnyéka stb., melyekhez jellemzően a dark és flat képek szükségesek. A kalibrációt célszerű speciális képfeldolgozó programokkal végezni, hiszen ezek legtöbbje még a nyers formátumú képekkel teszi ezt, így nagyon pontosan dolgozik. Ilyen programok pl. az Images Plus, a MaxDSLR, a DeepSkyStacker, vagy az IRIS.

Kalibráció után az egyes képeket a lehető legpontosabban egymáshoz kell illeszteni és valamilyen algoritmus szerint átlagolni. Ezt is az olyan speciális programok valamelyikével végezzük, mint az előbb felsoroltak. Ezután a sok képből már csak egy igazi nyers képünk marad, amelyből előcsalogathatjuk mindazt, amit lefotóztunk az égen. Ez a képfeldolgozás igazán egyedi része, hiszen a végső kép részletgazdagságát, színét tekintve sokszor már nem támaszkodhat a vizuális élményre. Ezért mindenki úgy állíthatja be a kontrasztokat, színárnyalatokat, végső finomságokat a képen, ahogy neki tetszik. Ezekre a műveletekre már az általános képszerkesztő programok is kiválóan alkalmasak, mint pl. a Gimp, vagy a Photoshop.

Az IRIS program az amatőrcsillagászati képfeldolgozás minden lépésére kiváló alternatívát nyújt. Két nagy előnye van: teljesen ingyenes, és már magyar nyelvű leírás is született hozzá. Mindkettő letölthető az internetről, a program a

<http://www.astrosurf.com/buil/us/iris/iris.htm>, a leírás pedig a

http://www.mcse.hu/tavcsoves_sarok/20070224_iris.html oldalról.

Ne felejtjük, a sikeres asztrofotók készítéséhez nagyon sok kitartás és türelem szükséges!

Mizser Ágnes

A Magyar Csillagászati Egyesület tevékenysége 2006-ban

BESZÁMOLÓK

Az elmúlt év igen gazdag volt az eseményekkel teli nagy, minirendszerekben, határozatlan érdekes témákkal foglalkozó, megújult, és ezen témákkal kapcsolatban több, sokak által figyelemmel kísért internetes oldaltó programok szervezést tartalmaz. Az év egyik legfontosabb eseményünk igazán március 2-án felcsillant a gyökerek, tiszta éjszaka-ból csak csodálatosul látszó, az egész éjszaka felé mutatva nagyon helyesen várható a jelenség újra észlelése nagyközönség felé, csodálatos és megújultunk. A 2005. október 3-án megvalósulóhoz hasonlóan, az elmúlt évben megjelentek kezelték az újabb témák miatt, az újabb témák közel hozódott, több százas népszerűségi listák, az újabb témák között az esemény megfigyelésére volt a hazai amatőrök eddigi legnagyobb léptékű körzete. A legújabb Törökország-utazás, az Egyiptomot is megfigyelték. Mára Törökország, mind pedig Egyiptomból az utazásról figyelték meg a legújabb utazásunk. Az esemény beszámolóit a *Mizser* 238. 7-8. számában közzé tettük, és sok szívesen látott felvétel készült a legújabb utazásunkról is (török csillagászati körök).

Degenerációnál több helyszínen szerveztünk bemutatót a szeptember 24. részleges holdfogyatkozás megfigyelésére és bemutolására. A körülmények lehetővé tették a bemutatók sikerrel való megvalósulását.

Az amatőr észlelők és amatőr érdeklődők részére megvalósult a 2006. február 2-án újabb városi felvétel a Jupiteren (v. *Ne Voles Fok*), március 2-án a (2137) 2001 PN 9 jelű földesbolygó felvételét tartalmazó az észlelők, majd helyszínen a több darabra szétbontott Sanyasann-Wachmann 3-asokos kódi újabb észlelés felvételét, és ismétben pedig egy újabb felvétel, a városlakó felvétel (2006. 04. 01.) (SWAN) felvételét készítették a megfigyelők, az újabb felvétel felvétel. A Hold szeptember 12-i felvétel felvétel, az újabb felvétel felvétel.

Mizser Attila

A Magyar Csillagászati Egyesület tevékenysége 2006-ban

Az elmúlt év igen gazdag volt égi eseményekben épp úgy, mint rendezvényekben. Számos ritka, érdekes jelenséget figyelhettünk meg 2006 folyamán, és ezen jelenségek kapcsán több, sokak által figyelemmel kísért ismeretterjesztő programot szerveztek tagjaink. Az év egyik legfontosabb eseményének ígérkezett a március 29-i teljes napfogyatkozás, mely hazánk-ból csak részlegesnek látszott, azonban így is több mint hatvan helyszínen várták a jelenség iránt érdeklődő nagyközönséget helyi csoportjaink és társ-szervezeteink. A 2005. október 3-i napfogyatkozáshoz hasonlóan sajnos ismét meglehetősen kedvezőtlen időjárási viszonyok mellett vártuk az érdeklődőket. Tekintettel arra, hogy a teljesség sávja hazánkhoz viszonylag közel húzódott, több száz amatőrcsillagász utazott szervezett expedíciók ke- retében az esemény megfigyelésére: ez volt a hazai amatőrök eddigi legna- gyobb léptékű „kirajzása”. A legtöbben Törökországba utaztak, de Egyiptomot is sokan választották. Mind Törökországból, mind pedig Egyip- tomból zavartalanul figyelhették meg a fogyatkozást tagtársaink. Az expé- díciós beszámolókat a Meteor 2006/7–8. számában közzé tettük, és sok színvonalas felvételt tettünk közzé hírportálunkon is (hirek.csillagaszat.hu).

Ugyancsak több helyszínen szerveztünk bemutatót a szeptember 7-i részleges holdfogyatkozás megfigyelésére és bemutatására. A kora este lát- ható esemény váratlanul sok érdeklődő figyelmét felkeltette.

Az amatőr észlelők is számos érdekes eseményre emlékezhetnek vissza: a 2006 februárjában újabb vörös folt tűnt fel a Jupiteren (a „Kis Vörös Folt”), március elején a (23187) 2000 PN 9 jelű földsúroló kisbolygó tartotta izga- lomban az észlelőket, május folyamán a több darabra széthullott Schwassmann–Wachmann-3 üstökös kínált újabb észlelési feladatot, októ- berben pedig egy újabb üstökös, a váratlanul kifényesedő C/2006 M4 (SWAN) üstököst követhették a megfigyelők, utóbbit akár szabad szemmel is. A Hold szeptember 12-i Fiastyúk-fedése, az RS Ophiuchi visszatérő nőva

februári kitörése és a χ Cygni augusztusi, szokatlanul fényes maximuma már csak hab volt a tortán.

Találkozók, rendezvények

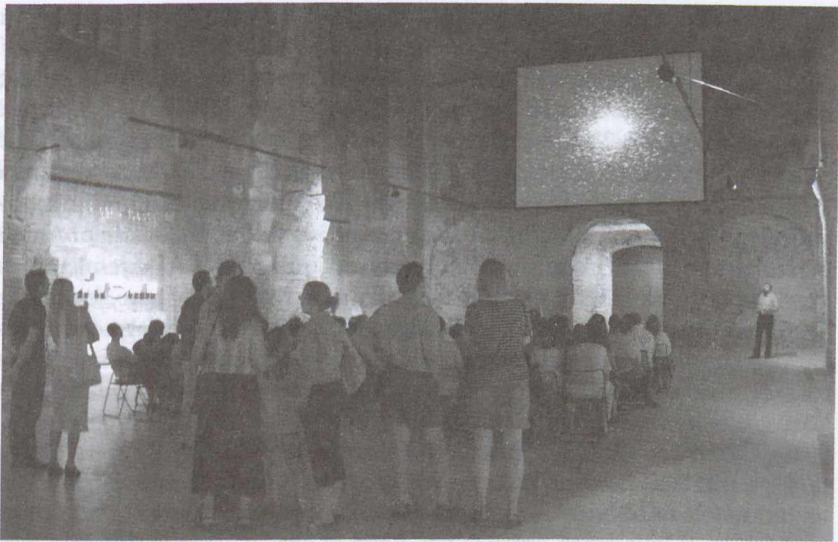
Az országos távcsöves bemutatókon kívül számos további rendezvényt is lebonyolítottunk, illetve néhány eseményen vendégként vagy támogatóként jelentünk meg. 2006 változócsillagokkal kapcsolatos „földfelszíni” eseményekben is bővelkedett: az óbudai Polaris Csillagvizsgáló három találkozóinak is otthont adott. Február 17-én és szeptember 16-án igen népes hallgatóság kísérte figyelemmel rendezvényeinket, melyeken számos hazai szakcsillagász is részt vett, jelentősen emelve a találkozók színvonalát. Mindkét találkozóra több mint 50-en jöttek el, az internetes közvetítést is hasonló érdeklődés kísérte. Augusztus 19-én Arne Henden, az AAVSO igazgatója látogatott el a Polaris Csillagvizsgálóba, ahol rögtönzött találkozón számoltunk be a nálunk folyó mérésekről, illetve részletes tájékoztatást kaptunk az AAVSO tevékenységéről.

Napjainkban a digitális asztrofotózás számít talán a legnépszerűbb amatőr tevékenységnek: az egyre látványosabb felvételek sokak figyelmét irányították erre a területre. Jellemző az érdeklődésre, hogy május 20-i asztrofotós találkozónk számára már szűknek bizonyult a Polaris.

Április 8-án tartottuk közgyűlésünket az Óbudai Művelődési Központban. A rendezvényt ezúttal nem csupán az immár hagyományos ismeretterjesztő előadásokkal próbáltuk meg vonzóná tenni, hanem egy asztrofotós kiállítással is. Az „új” Naprendszer c. kiállítás képanyagát amatőr csillagászaink Naprendszerrel kapcsolatos felvételeiből válogattuk. A közgyűlésen adtuk át a 2006. évi Kulin György-émlékérmeket Mátis Andrásnak, a Budapesti Planetárium előadójának, ismert amatőr csillagásznak. A közgyűlésen négy tagtársunk vehetett át egyesületi munkájáért elismerő oklevelet: Balaton László, Balogh István, Braskó Sándor és Rezsabek Nándor.

Egyesületünk november 11-én ünnepelhetette alapításának hatvanadik évfordulóját. Ebből az alkalomból egy kisebb kiállítást rendeztünk be a Polaris földszinti kiállítótermében Kulin György és a Magyar Csillagászati Egyesület címmel. A kiállítás az „első” és a „második” MCSE életét mutatja be: számos eredeti dokumentumot, régi amatőr távcsövet, használati tárgyakat és sok fényképfelvételt tekinthetnek meg az érdeklődők.

Napóra szakcsoportunk szeptember 23-án tartotta második találkozóját, ezúttal a tÁti Művelődési Központban.



A Múzeumok Éjszakáján a BTM Kiscelli Múzeum éjszakai programján a csillagászat volt a kiemelt téma. Képünkön: Kolláth Zoltán előadást tart a templomtérben.

A csillagászati megfigyelések számára a civilizációs hatások közül a fényszennyezés jelenti a legnagyobb veszélyt. Ezzel a témával foglalkozott az október 27-i II. Fényszennyezés Konferencia, melynek egyik társszervezője volt egyesületünk. A konferencia egyik legfontosabb újdonsága volt a Zselicben kialakítandó Sötét Égbolt Rezervátummal kapcsolatos előadás: a rezervátum hazánk – ma még – legkevésbé fényszennyezett területén jönne létre. A Globe at Night program keretében március 22–29. között Magyarországon is megszerveztük a fényszennyezés felmérését.

Több iskolában, művelődési központban is tartottak bemutatót tagjaink és helyi csoportjaink, mind közül azonban talán a június 24-i Múzeumok Éjszakája elnevezésű, rendkívül népszerű rendezvény volt a legemlékezetesebb: a budapesti Kiscelli Múzeumban több száz érdeklődő számára tartottunk távcsöves bemutatót és előadásokat. Hajdúböszörményi és győri csoportunk is csatlakozott a múzeumi éjszaka helyi rendezvényeihez.

Töretlenül népszerűek nyári táboraink. Hagyományos ifjúsági táborunkat Ágasváron szerveztük, július 17–24. között. Nagy táborunkat új helyszínen, a tarjáni Német Nemzetiségi Tábor területén tartottuk. A július 27–30. között megrendezett Meteor '06 Távcsöves Találkozó több mint 300 érdeklődőt vonzott. Igen sikeres tábort szervezett Kiskun csoportunk Solt-Kali-

majorban, több mint 100 résztvevővel augusztus 3–6. között. Kunszentmártoni csoportunk július 27–30. között szervezte tizedik táborát: a Körösparti Csillagpartit a Péterszög-kanyarban tartották. Hosszú szünet után ismét volt hagyományos meteorészlelő tábor: a Cygnida-tábort Paléban szerveztük meg, augusztus 17–25. között.

Az elmúlt évben több mint 150 estén vártuk az érdeklődőket Óbudán, a Polaris Csillagvizsgálóban. A rendszeres esti bemutatásokat tagtársaink szabad idejükben, társadalmi munkában tartják, ügyeleti rendszerben. A mai pénzorientált világban ez tovább növeli munkájuk értékét – akárcsak mindazon tagtársaink közreműködését, akik bármilyen formában segítik az MCSE munkáját, legyen az akár honlapszerkesztés, cikkírás, vagy éppen takarítás, kupola-karbantartás. Bár a világ körülöttük látszólag egészen másról szól, mégis nagy öröm, hogy igenis sokan vannak még, akik hajlandóak a közös célokat áldozatos munkájukkal segíteni.

Egyik tagtársunk felajánlásának köszönhetően újíthattuk fel a Polaris-terasz burkolatát és körbefutó, rendkívül rosszul tervezett korlátját. Az épület terasz felé néző homlokzata is új burkolatot kapott.

A felújított Polarisban egész évben hetente három estén vártuk tagtársainkat és az érdeklődőket. Hetente egyszer tartottunk szakköri foglalkozásokat a középiskolás korosztály számára. Az időszak egyik legörvendetesebb eredménye is szakköröseinkhez kapcsolódnak: Budai Edina, Szabó Andrea és Szulágyi Judit első helyezést ért el az ESO Catch a Star! elnevezésű pályázatán: jutalmuk egy chilei utazás volt, amelyen felkészítőjünkkel, Kereszturi Ákossal vehettek részt. Az ifjúsággal, az utánpótlással más formában is foglalkozunk: rendszeresen fogadunk iskolai csoportokat, a nyári időszakban a kerületi napközis gyerekeket, továbbá különböző pályázatokat támogattunk.

A Polaris Csillagvizsgálóban minden korábbinál több előadást – szám szerint 36-ot – tartottunk, amelyek többségét az interneten is közvetítettük. Ezek az előadások folyamatosan letölthetők honlapunk médiatárából.

Folyamatosan megjelentettük Meteor c. havi folyóiratunkat (évi 12 szám), november végén pedig kiadtuk 2007-re szóló Csillagászati évkönyvünket. Utóbbi példányszáma – párhuzamosan az olvasási szokások változásával – csökkent, 2007-es kötetünk 3500 példányban jelent meg. Július végén jelent meg az AmatőrCsillagászok kézikönyve harmadik, jelentősen átdolgozott kiadása. Október folyamán elkészült A Magyarországról látható csillagos égbolt c. olcsó, 100 Ft-os égbolt-térképünk, mely jó segédeszköz az égbolton tájékozódni kívánó kezdő amatőrök számára.

2006 áprilisára megújult egyesületi honlapunk (www.mcse.hu), ahol az egyesületi hírek mellett távcsöves és észlelési rovat is indult. A radikálisan új

megjelenésű honlap Balaton László irányításával készült. Leglátogatottabb honlapunk hírportálunk (hirek.csillagaszat.hu) volt, mely – bízvást állíthatjuk – új színfoltot jelent a hazai csillagászati ismeretterjesztésben, az év folyamán folyamatosan nőtt látogatottsága: az év végére megközelítette a havi negyvenezer látogatót. Ilyen fokú olvasottság elképzelhetetlen lenne hagyományos kiadványaink esetében. Egyesületi szerverünkön – melyet az év végén újra cseréltünk, egyik tagtársunk adományának köszönhetően – számos szakcsoportunk, helyi csoportunk mellett több tagtársunk is saját oldalt üzemeltet. A sok-sok értékes weboldal közül egyet mindenképp ki kell emelnünk, a Csillagászat magyarországi bibliográfiája (CSIMABI) igen hasznos segédeszköz mindenki számára, aki a hazai csillagászáttal foglalkozik (<http://csimabi.csillagaszat.hu/>). A bibliográfia több mint 30 ezer tételt tartalmaz.

2006-ban tovább növekedett médiajelenlétünk, három főbb téma kapcsán: 1. napfogyatkozás március 29-én, 2. a Mars augusztusi nagy földközelségének cáfolata, 3. a Plútó „lefokozása”. Az év folyamán összesen közel 100 interjút, nyilatkozatot adtunk (televízió, rádió, hagyományos és internetes hírforrások).

Balázs Lajos

Az MTA KTM Csillagászati Kutatóintézetének működése 2006-ban

2006-ban emlékezett meg a magyar csillagászat Detre Lászlónak az intézet néhai igazgatójának 100. születésnapjáról. Ebből az alkalomból az MTA támogatásával ünnepi ülészakot szerveztünk április 20-án, az MTA felolvasótermében. Április 22-én emléktábla avatására került sor Detre László egykori iskolájában, a szombathelyi Premontrei Gimnáziumban.

Tudományos eredmények

Változócsillagok

Csillagok belső szerkezete, pulzációja

RR Lyrae változók Megfigyeléseink alapján úgy tűnik, hogy az alaplómódban pulzáló RR Lyrae csillagok sokkal nagyobb hányada modulált (Blazskó-effektus), mint azt korábban gondolták. A budapesti 60 cm-es automata távcsővel 2004 óta megfigyelt 12 ilyen típusú változócsillagból 6 modulált. Kiválasztási effektussal ez a magas arány nem magyarázható. Valószínűsíthető, hogy léteznek RR Lyrae csillagok még gyengébb modulációval, amit az itt folyó méréseink sem tudnak kimutatni, és a moduláció erősségének feltehetőleg nincs alsó határa. Az intézetben az elmúlt 70 év alatt összegyűlt fotometriai megfigyelés feldolgozása során az RR Gem Blazskó-csillagról megállapítottuk, hogy minden megfigyelési időszakban modulált volt, de a moduláció erőssége és jellege (amplitúdó- ill. fázis-moduláció) jelentősen változott. Kimutattuk, hogy az UZ UMa RRab változónak több modulációs periódusa is van. Ez az első olyan Blazskó-csillag, amelynél a több periódusú moduláció egyértelműen igazolható. Az SS Cnc alaplómódban pulzáló csillagot 35 éjszakai megfigyelés (4 színben közel 6000 észlelési adat) alapján vizsgáltuk. Ez a csillag az eddig ismert legrövidebb modulációs periódusú (5,31 nap) és a moduláció amplitúdója rendkívül kicsi: B színben is csak 0^m1 . (Jurcsik J., Sódor Á., Szeidl B.)

Napjaink nagy tömegű, de sokszor korlátozott pontosságú fotometriai adatot szolgáltató égbolttfelmérései szükségessé teszik olyan módszerek kifejlesztését, amelyek segítségével megbízhatóan becsülhetők egyes változócsillag-típusok fontos paraméterei. Jelen esetben az alaphangú RR Lyrae csillagok fénygörbéinek Fourier-felbontására sikerült új módszert kidolgozunk. A módszer azon alapul, hogy kellő számú nagy pontosságú fénygörbe (a „minta halmaz”) hagyományos módszerrel kapott Fourier-felbontása felhasználható egy újabb csillag Fourier-paramétereinek kiszámítására. (Kovács G.)

A T Sex RRc csillag megfigyelési anyagát feldolgoztuk, a Kurucz-féle légkörmodellek alapján elhelyeztük az elméleti HRD-n is. A kapott paraméterek az elméleti instabilitási sáv kék szélére helyezik a T Sex-t, az eddig ismert értékekkel szemben, amelyek az instabilitási sáv vörös széléhez tették a csillagot. (Barcza Sz.)

δ Cephei változók Negyven déli cefeidáról sikerült nagyszámú radiális sebesség-adatot meghatározni spektroszkópiai mérések alapján. A V898 Cen spektroszkópiai kettőssége ezen adatokból nyilvánvaló. E cefeida keringésből származó radiális sebesség-változása a második legnagyobb a kettős rendszerbe tartozó ismert cefeidák közül. Az ugyancsak kettős rendszerbe tartozó ST Puppis II. típusú cefeidánál szinte példátlanul erős periódusváltozást mutattunk ki: 17,7 és 19,2 nap között ingadozó értékekkel. A változások a megfigyelések egy évszázada alatt egészen hevesek voltak, és jellegük nem egyeztethető össze a csillagfejlődési modellekkel. Az XZ Ceti anomális cefeida periódusa, a korábban kimutatott egészen rövid (néhány hetes) időskálájú periódusváltozások mellett, hosszú időskálán is erősen változó. A látóirányú sebesség változása alapján nem zárható ki, hogy a csillag kettős rendszerhez tartozik. (Szabados L.)

Az ESO La Silla-i 2,2 m-es távcsövére szerelt FEROS spektrográffal kapott színképeket elemezve meghatároztuk 16 déli kétmódusú cefeida nehéz-elem-tartalmát, és ennek alapján pontosítottuk a két gerjesztett módus periódusarányának fémtartalom-függését. (Kun M., Szabados L.)

δ Scuti változók Korábbi szerzők a GP And változónál kétmódusú pulzációt véltek felfedezni, továbbá irregularitásokat találtak a fénygörbén. A rendelkezésre álló fotoelektromos fotometriai és CCD mérések szerint a csillag szabályosan pulzáló nagy amplitúdójú δ Sct változó. A csillag közeli kísérője okozta fotometriai defektusok magyarázzák a korábbi hibás interpretációkat. (Pócs M., Szeidl B.)

Elvégeztük a HD 44195 δ Sct és γ Dor, illetve a HD 44283 δ Sct csillagról a 2005/2006 téli észlelési időszakban kapott adatok analízisét. A csillagok a CoRoT űrtávcső elsődleges ill. másodlagos célpontjai. A HD 44195 esetében

az alacsony frekvenciás tartományban azonosított két frekvencia értéke között talált 1:2 arány felveti a kettősség lehetőségét. A HD 44283 esetében meghatározott három frekvencia értékeit vizsgálva reguláris szerkezetet kaptunk. (Bognár Zs., Paparó M.)

Az M67 halmaz kék tévelygő (blue straggler) csillagainak instabilitási sávba eső tagjait analizáltuk. Hat esetben nem találtunk változást, míg az eddig ismert két δ Sct típusú változónál jó frekvencia-felbontást sikerült elérni. Az EW Cnc esetében 41, az EX Cnc esetében pedig 26 frekvenciát sikerült azonosítani, a szokásosnak számító $S/N > 4$ határ fölött. Ezek a változások 0,2 mmag nagyságrendet jelentenek. A kapott frekvenciákat összevetettük forgó csillagmodellekből kapható frekvenciákkal, és azonosítani próbáltuk a gerjesztett módusokat, de nem kaptunk egyértelmű eredményt. (Csubry Z., Nuspl J., Szabó R.)

Pulzáló fehér törpék Elvégeztük a GD 99 DA típusú pulzáló fehér törpéről a piszkéstartói 1m-es RCC távcsővel korábban mért adatok feldolgozását. Eredményeink alátámasztják a csillag szokatlan pulzációs tulajdonságairól eddig alkotott képet: a GD 99 közel a DAV instabilitási sáv vörös széléhez is mutat rövid periódusú pulzációt a hosszabb periódusok mellett. Összevetve a csillagról korábban publikált periódusadatokat az általunk kapottakkal, csoportosulások figyelhetők meg a rövid (350 s) és a hosszú (1050 s) periódusoknál, amelyek szerkezetében regularitás is feltételezhető. Magyarázat lehet mindezekre egy olyan kettős rendszer, melynek mindkét tagja az instabilitási sávon belül helyezkedik el. Elkezdtük a KUV 02464+3239 jelű DAV típusú csillag észlelését szintén az 1m-es RCC távcsővel. Előzetes eredményeink szerint a csillag pulzációjában igen rövid (néhány órák) időskálán jelentős változások következnek be: időről időre egy adott módus, annak harmonikusai és szubharmonikusai válnak dominánssá. A harmonikusok jelenléte nemlineáris effektusokra utal, a szubharmonikusok pedig magyarázhatók azzal, hogy a csillag egy perióduskétszerező fázison keresztül a katikus viselkedés felé fejlődik. (Bognár Zs., Paparó M.)

Pulzáló változók modellezése A hidrodinamikai eredményekből lezáraztatott amplitúdóegyenleteknek megfelelő, de több módust figyelembe vevő rendszerek viselkedését Monte Carlo-szimulációval vizsgáltuk. Az amplitúdóegyenletek együtthatóinak nagyszámú kombinációja esetén azt kaptuk, hogy jellemzően lényegesen kevesebb módus szerepel az állandósult multiperiodikus állapotban, mint a lineárisan gerjesztett módusok száma. (Kolláth Z.)

A HyCoB kódépítő rendszerünket kiegészítettük egy olyan lehetőséggel, hogy az egydimenziós differenciaegyenletek (amelyek pl. a radiális pulzációt írják le) egy adott rendszeren belül egyszerűen megtehetővé tehetőek le-

gyenek, és a létrehozott párhuzamos egyenletrendszerek között csatolások építhetők fel. Ennek a rendszernek több alkalmazása lehet, többek között „kvázi-kétdimenziós” kód építhető vele. (Csubry Z., Kolláth Z.)

Nagyszámú nemlineáris modellt futtatva feltérképeztük a klasszikus cefeida változók instabilitási sávját. Az amplitúdók fázisterében stabil fixpontok és kombinációik fordultak elő. A teljes cefeida instabilitási sávra kiszámítottuk a lineáris és nemlineáris fáziseltéréseket, és jó egyezést kaptunk azon galaktikus, alpmódusban és első felhangban pulzáló csillagokra, melyekre egyidejű fotometriai és spektroszkópai megfigyelés is rendelkezésre állt. (Ez utóbbi a radiális sebesség-görbe meghatározása miatt fontos.) A fémtartalomnak csak mérsékelt hatása van a fáziskülönbségre. A kétmódusú cefeidák elhelyezkedése a $\log P_0 - P_1/P_0$ Petersen-diagramon hasznos információval szolgál a csillag fizikai paramétereit tekintve. A két módusban is instabil lineáris modellek alapján megállapítottuk, hogy az említett diagramon elfoglalt pozíció meglepően szoros megkötést jelent az illető csillag fémtartalmára nézve. RRab csillagokra számolt nagyszámú hidrodinamikai modell alapján megerősítettük, hogy ezen csillagok periódusa és minimumbeli $V-I$ színindexe között egyértelmű kapcsolat van, aminek oka a hidrogén ionizációs frontja és a fotosféra kölcsönhatása. Az eredmények alapján a 0,63 napnál hosszabb periódusú RRab csillagok jól használhatók vörösödés meghatározására. (Szabó R.)

Aktív jelenségek csillagok légkörében

Hosszú távú fotometriai adatokat felhasználva, Fourier-analízissel aktív ciklusokat mutattunk ki több aktív csillagon, némelyeken többszörös ciklusokat is. A kapott ciklushosszak inkább kváziperódusoknak nevezhetők, a középérték körüli nagy szórással, illetve némely ciklushossz a szignifikancia határán van. Néhány aktív csillagról sikerült hosszabb adatsort összeállítani, felhasználva az összes irodalmi adatot, az automata távcsövek méréseit és az archívumokban található fotografikus lemezekről származó adatokat. Ily módon gyűlt össze kb. 100 éves adatsor a V833 Tau törpe, és kb. 50 éves adatsor a HK Lac óriáscsillagról. Idő-frekvencia-analízis kimutatta, hogy az előzőleg (egyszerű Fourier-analízissel) megtalált ciklushosszak valóságok. Doppler-leképezés segítségével modelleztük a ζ And RS CVn típusú, mágneses aktivitást mutató kettőscsillagot. Tesztekkel igazoltuk a Doppler-leképezéshez használt programkörnyezet általunk továbbfejlesztett változatának hatékonyságát. A csillag torzult geometriájából adódó fényváltozást sikerült összhangba hozni a spektroszkópai adatokból korábban nyert eredményekkel. Az idősorba rendezett Doppler-képek segítségével első ízben sikerült kimutatnunk a csillag diffe-

renciális rotációját, amely a Napéhoz hasonló, bár annál jelentősen gyengébb. (Kővári Zs., Oláh K.)

A V861 Her és az EQ Tau érintkező kettőscsillagok optikai és $H\alpha$ fotometriai észleléseinek alapján modelleztük fénygörbéiket. Mindkét kettőscsillag felszínén sikerült sötét foltokat kimutatni, miközben a foltoknak megfelelő helyeken $H\alpha$ intenzitásnövekedést tapasztaltunk. A V861 Her esetében a V-R és az R- $H\alpha$ színindexek között korrelációt mutattunk ki. (Csizmadia Sz., Kővári Zs.)

Egy V színben 21,3 magnitúdós M5(?) törpecsillag B, V fotometriai észleléseit feldolgozva több fler eseményt találtunk, amelyek közül a legnagyobb időtartama $t_{eq}=19,5$ óra, bolometrikus energiája pedig a valaha észlelt legnagyobb flerekre jellemző 10^{36} erg nagyságrendű volt. (Gesztelyi L., Kővári Zs., Oláh K.)

Elkészítettünk egy foltmodellező programot, amely a korábban használt eljárásoknál és kódoknál pontosabban képes visszaállítani a kettőscsillagok felületi fényességeloszlását. Mindehhez a Lucy-Richardson-algoritmust módosítottuk. Új megközelítést javasoltunk a kettőscsillagok fénygörbe-modellezésének javítására. Az eljárás lényege, hogy nagyszámú mester-ségesen generált fedési fénygörbe Fourier-együtthatóját hasonlítjuk a ténylegesen mért fénygörbe megfelelő paramétereire. A módszerrel jelentős számítási idő takarítható meg. Az eljárást az SV Cam-ra alkalmazva megállapítottuk, hogy a közel 90° -os pályahajlás miatt hamis, (a valóságban nem létező) poláris foltokat eredményezhet az analízis. Nemzetközi együttműködés keretében megfigyelések folytattunk a TT Ari kataklizmikus változócsillagról a piszkéstartói 50 cm-es teleszkópra szerelt hűtött *UBVRI* fotométerrel. A legújabb méréseink megerősítik azt a már tavaly gyanított képet, miszerint a TT Ari rendszerben drasztikus fényesség- és fénygörbeváltozás következett be. (Csizmadia Sz., Patkós L.)

Napaktivitás

Egy jól ismert koronakitörést (CME-t), amely 1997. május 12-én történt, tanulmányoztunk új szemszögből. A koronakitörés mágneses talpponti vidékeinek fejlődését vizsgálva a CME kiterjedő mágneses „buboréka” az egyik talppont oldalán mágnesesen átkötődött az északi poláris koronalyuk interplanetáris tér felé nyitott mágneses erővonalával. Kimutattuk, hogy az interplanetáris mágneses felhő, amely a Földhöz közeli megjelenése a CME kidobódott mágneses terének, csak az egyik talppontján kapcsolódott a Naphoz. Ez további bizonyíték a CME és koronalyuk közötti mágneses átkötődésre. Egy komplex, 2005. január 20-án megfigyelt, háromfázisú fler- és

koronakitörést tanulmányoztunk számos hullámhosszon. A mágneses átkötődésekre számos bizonyítékot találtunk, többek között egy ritka, deciméteres hullámhosszon eddig még soha nem észlelt ún. N típusú rádiókitörést is. Alapvetően új modellt dolgoztunk ki a koronakitörések kezdetén megjelenő és a kitörés forrásától sugárirányban táguló fényes gyűrűszerű, ún. EIT hullámok eredetére. E modell szerint a CME táguló mágneses erővonalai találkoznak és mágnesesen átkötődnek a Nap ún. mágneses szőnyegének közeli mágneses hurkaival. Ez a modell nem zárja ki a gyors MHD hullámok vagy a megnövekedett áramok jelenlétét (ez utóbbi az átkötődés egyik előfeltétele), viszont képes magyarázatot adni az EIT hullámok eddig meg nem értett jellegzetességeire. (Gesztelyi L.)

Korrelációs vizsgálatokat kezdtünk foltcsoportok azimutális és meridiánális elmozdulásaira vonatkozóan. Eredményeink szerint a foltcsoportok mozgása függ attól, hogy a vizsgált időszak a napciklus felszálló vagy leszálló ágára esik. A fejlődésük csúcán lévő foltcsoportok mozgása rendezettebb és előre tartó a felszálló ágban, de kevésbé rendezett a leszálló ágban. Ez a mozgás attól nem függ, hogy a foltcsoportok éppen milyen fázisban (fejlődő/visszafejlődő) vannak. (Ludmány A., Muraközi J.)

A naptevékenységi minimummal kapcsolatban áttekinttük az eljövendő maximumok nagyságára vonatkozó különböző előrejelzési módszereket. A legmegbízhatóbbnak a prekursor módszerek bizonyultak. (Kálmán B.)

Összehasonlítottuk a foltok előfordulási gyakoriságát a foltméret és a centrálmeridián-távolság függvényében három katalógus a DPD, GPHR és a Bradfordban készített SFC (Solar Feature Catalogue) alapján. Megállapítottuk, hogy sem a DPD sem az SFC alapján nem mutatható ki olyan erős aszimmetria, amely a GPHR-re jellemző. Eszerint a kelet-nyugati aszimmetria a GPHR-re alapozott korábbi eredményekkel ellentétben csak egy nagyon gyenge effektus lehet. (Baranyi T.)

Az 1997-es SOHO/MDI-Debrecen Data (SDD) területadatait összehasonlítottuk a DPD adataival. Megerősítettük az 1996-os adatok alapján kapott korábbi eredményünket, miszerint a SOHO/MDI képek alapján kapott területek a felbontásbeli különbségből adódóan a DPD-nél 10–17%-kal nagyobbak. Az SDD bővítésével az átlagos látóirányú mágneses tér adatai is bekerültek az adatbázisba, így lehetővé vált ennek umbra- és penumbra-területtől való függésének vizsgálata. Folytattuk a SOHO/MDI-Debrecen Data katalógus (SDD) készítését. A kvázi-kontinuum egészkorong-képek mellett elkezdtük az I0 monokromatikus képek tesztelését és felhasználását, hogy az adatbázis az óras időbeli felbontást minél jobban megközelítse. Folyamatosan bővítettük a Debrecen Photoheliographic Data (DPD) adatbázist. A katalógus formátumát átalakítottuk, hogy a manapság leggyakrabban

használt adatbázis-kezelő programok könnyebben kezelhessék. Az 1991–92-re és 1999-re vonatkozó előzetes adatokat ftp-n elérhetővé tettük. (Baranyi T., Györi L.)

Csillagkeletkezés és az intersztelláris anyag fizikája

Analizáltuk a V1647 Ori fényességének és színképvonalainak változását a 2004–2005-ös kitörése alatt. Infravörösben a csillag elhalványodása után is, egészen 2006 szeptemberéig követtük a csillagot. A kitörés alatti fénygörbében periodikus komponenst azonosítottunk 56 napos periódussal. Megállapítottuk, hogy a hidrogén emissziós vonalainak ($H\alpha$, $P\beta$, $P\gamma$, $B\gamma$) fluxusa monoton csökkent a kitörés két éve alatt. Mivel e vonalak az akkréciós ráta nyomjelzői, ez arra utal, hogy az akkréció üteme is monoton csökkent. A Lynds 1333 molekulafelhőben keletkezett Nap típusú csillagok felületi eloszlásának, tömegüknek és koruknak meghatározása megmutatta, hogy a csillagkeletkezés a felhő magas galaktikus szélességű oldalán kezdődött, és alacsonyabb szélességek felé terjed. Megvizsgáltuk, lehetett-e a csillagkeletkezés forrása az a nagyjából millió éves szupernóva-maradvány, amelynek egyetlen megfigyelt megfelelője a Loop III nevű rádiókontinuum-szerkezet. Megmutattuk, hogy a Loop III centrumának valószínű távolsága a korai modellekből becsült 150 pc helyett inkább 250 pc. Azonosítottuk a Loop III közeledő és távolodó falait a magas galaktikus szélességeken található molekuláris gáz eloszlásában, és megmutattuk, hogy a Loop III lehet a csillagkeletkezés forrása a L1082 (GF 9) és a L1333 molekulafelhőkben. (Kun M.)

Befejeztük az SV Cep közepes tömegű fiatal csillag ISOPHOT méréseinek analizését. A fényváltozásokat egy radiatív transzfer kóddal modelleztük, és megmutattuk, hogy a megfigyelt infravörös fényváltozásokat – illetve a közép-infravörös tartomány állandóságát – csak úgy lehet megmagyarázni, ha a korábban feltételezett csillag körüli korong mellett egy kiterjedt, háromdimenziós burkot is feltételezünk. (Ábrahám P.)

Feldolgoztuk az AK Sco fiatal spektroszkópiai kettős VLT/MIDI méréseit. A korábban az irodalomban javasolt korongmodellel nem sikerült összhangba hozni a MIDI eredményeit. Fel kellett tételeznünk, hogy az egész rendszer be van ágyazva egy optikailag vékony burokba, amelynek laposabb hőmérsékletprofilja nagyobb sugárzó területet jelent. (Ábrahám P., Mosoni L.)

A Spitzer infravörös űrtávcsővel 78 F színképtípusú csillag fotometriai (24, 70 és 160 μm -en) és spektroszkópiai (6–35 μm) vizsgálatát végeztük el. Az eddig kiértékelt 56 csillag közül 24 mutatott infravörös többletet egy vagy több hullámhosszon. Ezek közül 11 új felfedezés. Az ISO infravörös

mesterséges hold ISOCAM és ISOPHOT műszereit használva a 7–200 μm -es tartományban, ezeket az infravörös méréseket optikai és rádiómérésekkel kiegészítve 14 BL Lac objektum sugárzásának spektrális energieloszlását vizsgáltuk. Az eredmények szerint a szinkrotron sugárzás eloszlásának csúcsa a legtöbb célpontunk esetében az $1\text{--}3\cdot 10^{13}$ Hz tartományba esett. (Moór A.)

Egyéb témák

A felsőlégkör szerkezete Az óceánok még az ionoszférára is hatást gyakorolnak. Az ionoszféra F2 rétegének magasságát jellemző F2 paramétert vizsgáltuk egy olyan ionoszféra állomáslánc segítségével, amelynek az északi félgömbön lévő tagjai a kontinens belsejében, a déli félgömbön lévő tagjai tengerpartokon helyezkednek el. Eredményül azt kaptuk, hogy az északi félgömbön a kontinens felett az ionoszféra F2 rétegének magassága az átlag felett helyezkedik el, míg a déli félgömb tengerpartjain az átlag alatt. Ez az eredmény a semleges légkörben megfigyelt aszimmetriának felel meg, ugyanis, ahol melegebb a légkör, ott kitágul, és az ugyanazon sűrűségeket képviselő magasság nagyobb, mint hidegebb esetben. A szárazföldek kisebb hőkapacitása tehát még 200–400 km magasságban is érezteti a hatását. (Illés E.)

A Naprendszer kis égitestei A Hubble űrtávcsővel megfigyeléseket végeztünk a 73P/Schwassmann–Wachmann-3 üstökös látványos széteséséről. A Rosetta űrmisszió két célaszteroidáját nemzetközi együttműködésben figyeltük meg űrműszerekkel (Rosetta OSIRIS kamera és Spitzer űrtávcső). Az Spitzer űrtávcső megfigyeléseiből a 2867 Steins E típusú aszteroida, ami egy belső szerkezetét tekintve differenciálódott kisbolygóból származhat. A Spitzer űrtávcső infravörös spektrográfiájával (IRS) megfigyeltük a 21 Lutetia kisbolygót. Az előzetes kiértékelés azt mutatja, hogy a kapott infravörös fénygörbe periodikus, és periódusa jól egyezik a látható fényben korábban kapott fénygörbéjével. Tovább javítottuk a 67P/Churyumov–Gerasimenko, a Rosetta űrszonda célobjektumának magmodelljét. A mag effektív sugara 1,72 km, és az alakja egy mérsékelten elnyújtott ellipszoid modellel közelíthető. A rendelkezésre álló fénygörbékből elkészítettük a szabálytalan alakú üstökösrag háromdimenziós közelítő modelljét is. HST megfigyelésekre alapozva meghatároztuk a 9P/Tempel-1 üstökös magjának méretét, közelítő alakját, tengelyforgási idejét, valamint fázisfüggvényét. Felső határt adtunk meg a porkibocsátási aktivitásra, amely a nagy heliocentrikus távolságban végzett HST megfigyelések idején gyakorlatilag nem volt megfigyelhető. (Tóth I.)

A DEEP IMPACT űrszonda felvételeit analizálva kimutattuk, hogy a becsapódás utáni anyagkidobás jellemzői a behatolás mélységével arányosan változtak. Új kisbolygót fedeztünk fel, amelyet 2006XP3 jelöléssel láttak el, esetleges korábban elveszett kisbolygóval történő azonosítása folyamatban van. (Kelemen J.)

Planetáris kutatások Az Enceladus Szaturnusz-holddal kapcsolatban azt a munkahipotézist vetettük fel, hogy a kráterek nagyobb gyakorisága az északi pólus környékén és hiányuk a déli pólus környékén arra utal, hogy az Enceladusnak nem egyforma vastag a kérge az északi és a déli félgömbön. Ez pedig egy egycellás vízköpeny-cirkulációval magyarázható. A Japetus hold geológiai aktivitásának okát keresve pedig elsőként mutattunk rá, hogy pályájának nagy inklinációja ugyanolyan erős árapályfűtést okozhat, mint más holdak esetében a nagy excentricitás, csak az árapálydudor itt nem az egyenlítő mentén mozog – mint ahogy excentrikus pálya esetén – hanem az egyenlítőre merőlegesen. A Cassini szonda képein a Hyperion szivacszerű megjelenése egészen más, mint a többi jeges holdé: elképzelhető, hogy a Hyperion annak az üstökösmagnak lehet egy darabja, amely ma feldarabolódva a Szaturnusz jéggyűrűit alkotja. Diagramokat szerkesztettünk a Naprendszer holdjainak adataira (pályainklináció, pályaeccentricitás és sűrűség), amelyek a Hyperion különleges voltát igazolták: a Hyperion nem lehet reguláris hold, hanem valószínűleg egy befogott Kuiper-övi objektum. (Illés E.)

Modellszámítás alapján rámutattunk, hogy a Mars dűnéire ideális esetben kicsapódó víz kb. mm vastag lehet. A DDS-MSO modell réteges szerkezetét tovább finomítottuk. (Horváth A.)

Exobolygók kutatása A HATNet projekt keretében felfedeztük az első exobolygót (egy forró Jupiter típusút). A rendszer érdekessége, hogy a bolygó egy fizikai kettős egyik tagja körül kering, és a tömege jelentősen kisebb, mint az a becsült/mért sugarából a standard elméleti modellek alapján várható lenne. (Kovács G.)

Fedési kettőscsillagok Elkészült a magányos és kettőscsillagok fejlődési útvonalait számító kód egyszerű változata. A program bemenő paramétereit kettősök esetén a két csillag kezdeti tömege, a kezdeti periódus, a két komponens – azonosnak vett – kezdeti hélium- és fémtartalma. Az EM Cyg fedési törpenóva periódusát összevetettük az előző négy évtized méréseinek eredményeivel. Az elmélet szerint a pályaperiódusnak oly' mértékben kellene változnia, hogy az könnyedén mérhető lenne, viszont nem találtunk periódusváltozást. (Csizmadia Sz.)

CoRoT űrprojekt Folytattuk mind a téli, mind a nyári CoRoT szeizmoterületek fő és másodlagos célpontjainak fotometriai jellemzését. (Bognár Zs., Paparó M.)

Az összes ismert adatbázist összevetettük egymással, aminek során a CoRoT területeken 81 eddig csak „gyanított” változót sikerült megerősítenünk. Felfedeztünk és klasszifikáltunk 1396 eddig nem ismert változócsillagot ill. 198 bizonytalan („feltételezett”) változót is kigyűjtöttünk. (Benkő J., Csubry Z.)

Herschel űrprojekt Befejeztük a Herschel/PACS Fine Calibration Source kalibrációs lámpájának hullámhossz szerinti emisszivitás-vizsgálatát, és részt vettünk egyéb tesztmérések kiértékelésében is. (Csizmadia Sz.) Továbbfejlesztettük a kisbolygóktól származó távoli-infravörös háttérsugárzást leíró statisztikai modellünket. (Kiss Cs.)

Csillagásztörténet Tanulmányoztuk az 1572. évi szupernóváról szóló, az Egyetemi Könyvtárban talált kéziratot, összevetve az egykorú irodalommal. A kézirat szerzője egy wittenbergi diák lehetett. (Zsoldos E.)

Összegyűjtöttük Kövesligethy Radó Tanácsköztársaság bukása utáni „meghurcoltatásának” történetét bemutató dokumentumokat a Magyar Tudományos Akadémia Könyvtárának Kézirattárából és az Egyetemi Könyvtár Levéltárából. (Vargha M.)

Archeoasztrolómia A kárpát-medencei rézkori kultúrákban a sírok tájolásában mutatkozó különbségeket etnikai és ezen belül társadalmi, vagyoni különbségekkel magyaráztuk: ebben is tükröződnek a vadász-katona protoeuropeidok és a földműves mediterránok közötti különbségek. (Barlai K.)

Hazai és nemzetközi kapcsolatok

Hazai kapcsolatok

Együttműködtünk a soproni GGKI-vel, az ELTE Gyógypedagógiai Főiskolai Kar Foniátriai Tanszékével diszlexiás gyerekek vizsgálatában, a Budapesti Műszaki Főiskolával a fényszennyezés témakörben az Ipari Környezetvédelem c. tárgy keretén belül, valamint az MTA SZTAKI Analogikai és Neurális számítások Laboratóriumával egy új hullámfront-érzékítő fejlesztésében.

A beszámolási időszakban is részt vettünk az egyetemi oktatásban előadások, gyakorlatok tartásával, valamint szakdolgozati és doktori témavezetéssel. Kutatóink az alábbi előadásokat, illetve gyakorlatokat tartották.

ELTE-n: (előadás) Csillagkeletkezési régiók, Asztrofizika 4., Az asztrofizika megfigyelési módszerei, Asztrostatisztika I., Csillagászat fizika tanári továbbképzésen, Csillagaktivitás – aktív csillagok II., Csillagrendszerek dinamikája I–II., Obszervációs csillagászat 1–4., A csillagközi por fizikája II., Szeminárium a csillagközi anyag és csillagkeletkezés legújabb eredményeiről, Sferikus csillagászat interdiszciplináris alkalmazásai;

(gyakorlat) Bevezetés a csillagászatba II., Mérési gyakorlat IV. éves fizikus hallgatók számára.

DTE-n: (előadás) Bevezetés a csillagászatba, Bevezetés az űrfizikába

SZTE-n: (előadás) A csillagközi anyag és csillagkeletkezés, Űrcsillagászat

Nemzetközi kapcsolatok

Együttműködés a Nemzetközi Csillagászati Unióval (IBVS szerkesztés, IAU Comm. 27., Comm. 42 és Div. V. webszolgáltatások karbantartása). Tét együttműködés az IAC-vel (Tenerife, Spanyolország) Naphoz hasonló csillagok keletkezésének vizsgálatára. Együttműködés az amerikai Spitzer infravörös űrtávcsőre és az európai VLT teleszkópra benyújtandó pályázatok közös kidolgozásáról (MPIA Heidelberg, STScI Baltimore, Steward Obs. Arizona). Részvétel az ESA Herschel űrtávcső előkészítő munkálataiban, hivatalos tagság a PACS műszer Instrument Control Centre-ben (ESA/PECS által támogatott projekt). Részvétel a CoRoT űrtávcső előkészítő munkálataiban és az Additional Program-ban (ESA/PECS által támogatott projekt). GAIA asztrometriai űrmisszió változócsillag-munkacsoport tagság; folyamatos részvétel a Nemzetközi Asztronautikai Akadémia munkájában. Együttműködés a Princeton University Observatory-val, automatizált változócsillagászati megfigyelésekben.

A DPD katalógushoz nemzetközi együttműködések keretében kapunk észleléseket a következő obszervatóriumokból: Kiszlovodszk (Oroszország), Kanzelhöhe (Ausztria), Mount Wilson (USA), Abasztumani (Grúzia), Ebro (Spanyolország), Heluán (Egyiptom), Kijev, Lvov (Ukrajna), Kodaikanal (India), Ondřejov, Vassilicke Mezirici (Cseho.) és Taskent (Üzbegisztán). Együttműködés a stanfordi SOHO/MDI kutatócsoporttal közös katalógus készítése céljából (ESA/PECS által támogatott projekt). Részvétel az ESO VLTI új generációs közép-infravörös interferométerének fejlesztésében (EU 6 FP OPTICON/JRA4 által támogatott projekt). Munkakapcsolat az AIP Potsdammal; francia–magyar együttműködés a Naprendszer kutatására az MTA–CNRS egyezmény keretében.

Pályázatok

Az ESA-val kötött szerződés alapján három PECS pályázat fut az intézetben. Ezek közül kettő (CoRoT, Herschel) újonnan létrehozandó űreszközök előkészítésében, illetve programjának a lebonyolításában teszi lehetővé részvételünket. A harmadik pályázat keretében egy ESA adatbázis (SOHO/MIDI), illetve földi bázisú megfigyelések egybevetése a feladat. Mindhárom pályázat fontos kapcsolódást jelent élvonalbeli európai projektekhez. Az EU 6-os keretprogramjában az OPTICON projekt keretében veszünk részt. Ennek során bekapcsolódtunk az ESO négy 8 m-es távcsövéből álló interferometriai rendszere (VLTI) számára fejlesztett MATISSE elnevezésű, második generációs képalkotó eszköz kifejlesztésébe.

Műszaki fejlesztés, számítástechnika

Beszereztünk egy kétprocesszoros SunFire V210 szerver számítógépet. Az év során kiépült a budapesti telephely 36 Mbps sáv szélességű mikrohullámú tartalék-kapcsolata a HUNGARNET hálózathoz, és a Piszkéstetői Observatórium hálózati kapcsolatának sáv szélessége 512 kbps-re nőtt. Beszereztünk egy jelenleg 5 TB redundáns kapacitással kiépített CORAID gyártmányú adattároló egységet.

Személyi állomány

Az év során az intézet személyi állományában a következő változások történtek. Állományba került: Dékány István, Farkas Ernő, Mozsár Gábor, Pócs Mihály, Regály Zsolt, Sipos Nikoletta (Budapest), Dobi Gáborné, Gyenge Norbert (Debrecen). Intézetünkben távozott: Bódi Béla, Ribárik Orsolya, Srágli Attila, Tagscherer Imre (Budapest), Horváthné Labos Rita, Kertes Györgyné (Debrecen).

Érdi Bálint

Az ELTE Csillagászati Tanszékének működése 2006-ban

Személyi állomány

A tanszék személyi állománya az előző beszámolási időszakhoz képest nem változott. A tanszék vezetését Érdi Bálint egyetemi tanár látja el. Munkatársak: Petrovay Kristóf egyetemi docens, Forgácsné Dajka Emese egyetemi adjunktus, Szécsényi-Nagy Gábor egyetemi adjunktus, Tóth L. Viktor egyetemi adjunktus és Sándor Zsolt OTKA posztdoktori ösztöndíjas. A tanszék doktorandusz hallgatói: Hetesi Zsolt, Hurta Zsombor, Klagyivik Péter, Kovács Tamás, Major Balázs, Marschalkó Gábor, Nagy Imre, Pál András, Posztobányi Kálmán, Vida Krisztián.

Oktatás

A tanszék oktatási tevékenysége annyiban változott, hogy 2006 őszétől megindult a bolognai rendszer szerinti több ciklusú képzés. Önálló I. éves csillagász szak már nem indult, ez a lehetőség – a többi korábbi szakhoz hasonlóan – megszűnt. A jövő csillagász hallgatóinak az ELTE-n fizika alapszakra vagy földtudományi alapszakra kell jelentkezniük, itt van lehetőség csillagász szakirány végzésére. A hároméves alapszak elvégzése után a tanulmányok további két évig a csillagász mesterszakon folytathatók. A beszámolási időszakban a következő hallgatók tettek csillagászatból záróvizsgát: Borbély Éva, Bogdán Ákos, Csorba Katalin, Dékány István, Hurta Zsombor, Juhász Attila, Juhász Péter, Szabó Anikó, Veres Péter, Vida Krisztián, Volf Norbert.

Kutatás

Szoláris és asztrofizikai magnetohidrodinamika

Az észlelések szerint a Nap aktív vidékein, a napfoltokon kívül (az ún. plázsban) a hanghullámok terjedése gyorsabb, mint a nyugodt napfelszínen. Ennek végső oka nyilvánvalóan a mágneses tér jelenléte, de a pontos mechanizmus, amelyen keresztül a tér kifejti hatását, ma még nem ismertes. Az egyik lehetséges magyarázat azon a megfigyelési tényen alapszik, hogy a granulációs mozgások a plázs területén kissé abnormálisak, tompítottak. Egy szemianalitikus modell keretében sheffieldi kutatókkal együttműködésben megvizsgáltuk, milyen hatással van ez a jelenség a hanghullámok terjedésére. Eredményeink szerint a hatás egy sekély rétegre korlátozódik, amelyben a megfigyelt hullámok közel függőleges irányban terjednek. A turbulencia mágneses csillapítása folytán a hangsebesség nagyobb lesz, így a terjedési idők lerövidülnek. Ez a rövidülés független a terjedési úttól, a plázs térerősségétől viszont jellemző függést mutat. Mivel az akusztikus levágási frekvencia a magasság függvényében változik, a rövidülés magasabb frekvenciájú hullámokra erősebb. Ezek a megjósolt hatások egybevágóan a megfigyelésekkel. Az idő- és frekvenciaeltolódások számított mértéke nagyságrendileg összevethető a megfigyeléssel, de azért jelentősen (kb. 2–5-ös faktossal) kisebb annál. (Petrovay K., Erdélyi R.)

Vizsgáltuk a napszélben terjedő kompressziós hullámok viselkedését, terjedését és lökeshullámokba való átalakulását. Ebben az esetben a hullámok amplitúdójának növekedését a plazma disszipációs tulajdonságai befolyásolják. Kutatásaink során azt vizsgáltuk, hogy milyen hatással van egy gyenge diszperzió a kialakuló lökeshullámra. A kapott eredmények azt mutatják, hogy a diszperzió hatására megváltozik a hullám amplitúdója, illetve nagymértékben csökken a sebessége is. A változás mértéke erősen függ a napszélben lévő mágneses tér geometriai szerkezetétől, illetve, hogy a plazma mágneses tulajdonságai mennyire dominánsak a termikus tulajdonságokhoz képest. (Ballai I., Forgácsné Dajka E.)

Új témával bővült a csoport tevékenysége, ugyanis kutatásainkat kiterjesztettük a molekulafelhők jelenségeit tárgyaló turbulens hidrodinamikára is. Kiindulásként megvizsgáltuk, hogyan befolyásolja a szuperdiffúzió a molekulafelhőkben kialakuló elemgyakoróságokat. Az egyszerűsített modelleken végzett vizsgálatok után arra az eredményre jutottunk, hogy ez a ha-

tás szignifikáns lehet, tehát érdemes a problémára realiztikusabb modelleket felállítani. (Marschalkó G., Forgácsné Dajka E., Petrovay K.)

Égi mechanika

Folytattuk a bolygórendszerek keletkezésével, fejlődésével és stabilitásával kapcsolatos dinamikai vizsgálatainkat. Véglegesítettük az exobolygó-rendszerekre vonatkozó stabilitási katalógust, amely több mint 44 millió pálya stabilitási viszonyait tünteti fel. A katalógust 15 ismert exobolygó-rendszer lakhatósági zónájának dinamikai jellemzésére alkalmaztuk. (Sándor Zs., Süli Á., Érdi B.)

Vizsgáltuk a Kuiper-övbeli kettősök körüli térség stabilitását. Meghatároztuk, hogy a Plútó–Charon rendszerben a két újonnan felfedezett kis hold, a Nix és a Hydra mely tartományokban keringhet stabilan. Megmutattuk, hogy a Kuiper-övbeli ismert kettősök közül háromnál létezhet a kettős körül keringő hold. (Nagy I., Süli Á., Érdi B.)

Galaktikus csillagászat és az interstelláris anyag fizikája

Megszerveztük és lebonyolítottuk az Interaction of Stars with their Environment III konferenciát 11 ország kutatóinak részvételével. A Naprendszer közelében zajló csillagkeletkezés indukált és nem spontán voltát újabb mérési bizonyítékokkal támasztottuk alá. Kis tömegű csillagok indukált keletkezésére utaló statisztikai bizonyítékokat találtunk a 2MASS és az infravörös hurkok adatbázisainak felhasználásával. A japán AKARI (ASTRO-F) infravörös űrprojekthez hallgatók bevonásával kutatócsoport alakult, ennek keretében foglalkoztunk az AKARI célpontlistájának finomításával, megfigyelési program tervezésével, feldolgozási rutinok és a mérés lehetséges hibáinak elemzésével. (Tóth L. V.)

Tovább folytattuk az Ia szupernóvák adataival kapcsolatos vizsgálatokat. Monte Carlo-szimulációval kimutattuk, hogy az adatsorok statisztikai módszerrel észlelt hibái nem lehetnek véletlen folyamat eredményei. (Balázs B., Hetesi Zs., illetve vendégkutatóként Balázs L.)

Az utóbbi néhány évben sok kutatócsoport, sőt magányos megfigyelők is foglalkoztak szupernóva-kereséssel. A modern technika nemegyszer még arra is módot nyújt, hogy az objektumot fényességmaximumának elérése előtt detektálják. Minthogy a távolságkalibráció legbiztosabban akkor végezhető el, ha ismert az égitest maximális látszó fényessége, nagyon fontos az ilyen korán fölfedezett szupernóvák fényességváltozásának követése.

2006 folyamán a mátrai Schmidt-távcsővel két ilyen extragalaktikus változót is sikerült nyomon követnünk. (Szécsényi-Nagy G.)

Megfigyelő asztrofizika

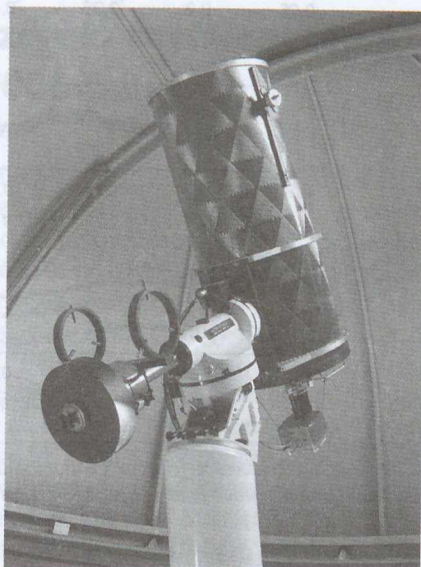
A tanszék korábbi 15 cm-es és 25 cm-es oktatótávcsövei mellé 2004-ben pályázati forrásokból sikerült beszerezni egy 40 cm-es távcsövet (1. ábra, a távcső és a CCD kamera paramétereit lásd a 2005. évi Csillagászati évkönyvben). A távcsővel a tudományos célú megfigyelőmunka 2006. szeptember 6-án indult meg. A fehér fényben történt első mérések után 2006 október–decemberében az MTA KTM CSKI-től kölcsönkapott BVRI szűrőkkel folytak a megfigyelések. 2006 decemberében saját UVBRI szűrőkészletet szerztünk be OTKA támogatással.

A távcsővel $18^m,4$ -s csillagok még megörökíthetők jó éjszakákon, de elfogadható fotometriát csak 14^m -ig lehet végezni. 2006 folyamán 17 periódusváltozást mutató fedési változócsillag minimumidőpontjait mértük és közöltük. (Klagyivik P., Marschalkó G., és vendégkutatóként Csizmadia Sz.)

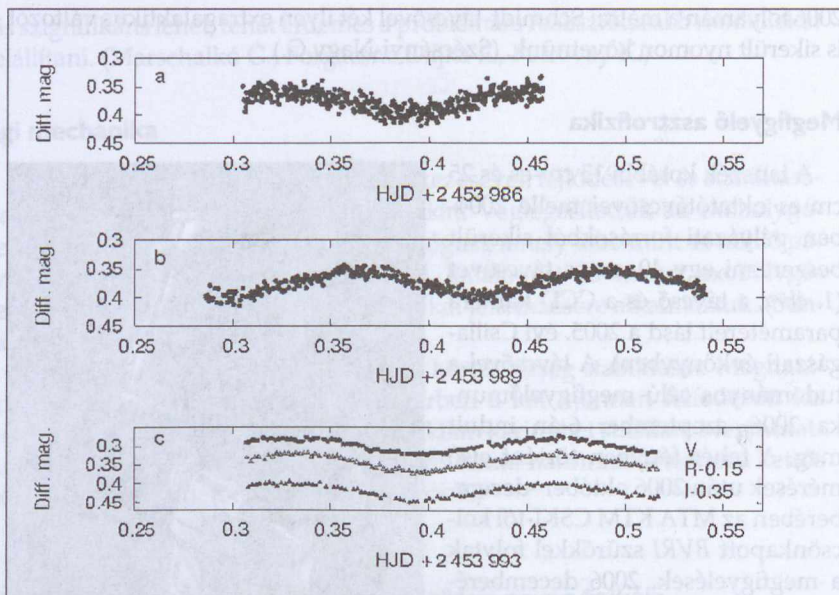
Elkezdjük egyes aktív csillagok teljes fénygörbéinek felvételét, amit sűrűn megismétlünk az aktivitás monitorozására. Ezen a lezáratlan, rengeteg kérdést felvető területen kitarító munkával az ilyen kis távcsövek még a nagyon fényszennyezett helyekről is képesek nemzetközileg is értékelhető eredményeket produkálni.

Elkezdjük a TU Cas kétmódusú cefeida és a DT Gem anomális cefeida fénygörbéjének vizsgálatát BVRI színekben. Az előzetes eredmények biztatóak. Lehetőség lesz a megfigyelt frekvenciák és csatolási tagok értékének pontosítására, illetve számuk növelésére. (Klagyivik P., és vendégkutatóként Csizmadia Sz., Szabados L.)

A CW Cas változócsillag rutin jellegű észlelése közben felfedeztük, hogy a látómezőben lévő egyik csillag (a TYC 4020 00609 1) 3 óra 3 perces időtarta-



1. ábra Az ELTE Csillagászati Tanszékének 40 cm-es távcsöve (Csizmadia Szilárd felvétele)



2. ábra A tanszéki távcsővel felfedezett változócsillag (TYC 4020 00609 1, $V=11^m.3$) fénygörbéje két északán (felső két panel) és az MTA CSKI mátrai Schmidt-távcsővel készült megerősítése.

mú, $0^m.04$ amplitúdójú periodikus fényváltozást mutat (2. ábra). A csillag valószínűleg δ Scuti típusú. A fényváltozást az MTA KTM CSKI piszkéstartói 90 cm-es Schmidt-távcsővel kapott észlelések is megerősítették. (Klagyivik P., Pál A., illetve vendégkutatóként Csizmadia Sz., Moór A.)

Kis égitestek

Folytattuk a széteső üstökösök, valamint üstökösök morfológiai és dinamikai vizsgálatát. A darabjaira eső, rövid periódusú üstökös, a 73P/Schwachmann–Wachmann-3 fényesebb szilánkjainak észlelésére kutatócsoportot szerveztünk. Érdekes és jól használható képeket sikerült rögzítenünk legalább két – egymástól már jól elkülönült – szilánkról, a B és a C jelűről. A nyert képek földolgozását és kiértékelését megkezdjük. (Szécsényi-Nagy G., vendégkutatóként Sárnecky K., Szabó M. Gy.)

Szatmáry Károly

A Szegedi Csillagvizsgáló tevékenysége 2005–2006-ban

A Szegedi Tudományegyetem Csillagvizsgálójának jelenlegi munkatársai: dr. Szatmáry Károly habil. egyetemi docens, dr. Vinkó József egyetemi docens, dr. Gergely Árpád László tudományos főmunkatárs, dr. Szabó M. Gyula (2006 őszétől 1 évig Magyar Zoltán posztdoktori ösztöndíjas), Csák Balázs és Sziládi Katalin tudományos segédmunkatársak, Horváth Zsolt, Jurkovic Mónika, Keresztes Zoltán, Kovács Zoltán, Nagy Botond, Mikóczi Balázs, Sárnecky Krisztián, Székely Péter doktori (PhD) ösztöndíjasok, Csorvási Róbert, Szakáts Róbert és Szalai Tamás csillagász hallgatók, demonstrátorok. 2005-ben Balog Zoltán (A csillagfejlődés korai szakasza fiatal galaktikus nyílthalmazokban) és Szabó M. Gyula (Kisbolygók és üstökösök fizikai paramétereinek meghatározása fotometriai módszerekkel) megvédte PhD-értekezését. Dr. Kiss László és Derekas Aliz Ausztráliában, Fűrész Gábor, Mészáros Szabolcs és dr. Balog Zoltán az USA-ban, Kovács Zoltán Németországban dolgozik.

Tudományos kutatás

Fő kutatási területünk a pulzáló és fedési változócsillagok vizsgálata maradt, de jelentős eredményeket értünk el a csillaghalmazok, a csillagkeletkezés és az üstökösök, kisbolygók, nóvák, szupernóvák területén is. Gravitációelméleti elemzéseket végeztünk a kompakt kettőscsillagok dinamikája és gravitációs sugárzása, a kozmológia és gravitációs kollapszus területén. Kutatásaink elsősorban a megfigyelő csillagászat eszközeivel történtek, melyekhez fotometriai, spektroszkópiai és asztrometriai méréseket végeztünk Magyarországon (Szeged, MTA KTM Csillagászati Kutatóintézet Pizskéstetői Obszervatórium) és Ausztráliában (Siding Spring Observatory).

A 2005. és 2006. évben 52 angol nyelvű publikációink jelent meg. Nemzetközi referált folyóiratban 25, konferencia-kiadványban 23, egyéb nemzetkö-

zi kiadványban 1, körlevelekben 3. Magyarul 18 cikket közöltünk a Csillagászati évkönyvben, a Meteorban és más folyóiratokban. A cikkek listája valamint a kutatási és oktatási tevékenységünk részletei megtalálhatók honlapunkon (<http://astro.u-szeged.hu>).

Változócsillagok, csillaghalmazok

CCD fotometriai és optikai spektroszkópiai megfigyeléseket végeztünk a Kis Magellán-felhő irányában található NGC 362 galaktikus gömbhalmazról. Kb. tízezer csillag idősor-mérései alapján nagyszámú változócsillagot fedeztünk fel, köztük 23 RR Lyrae típusú csillagot. Az RR Lyrae-kre vonatkozó fénygörbe-fémesség és fénygörbe-luminozitás relációkat felhasználva meghatároztuk az NGC 362 átlagos fémességét ($[Fe/H] \sim -1,3$). Két RR Lyrae-csillagban erős Blazskó-effektust találtunk, ami a fénygörbe jól lokalizált fázisainak modulációjaként jelentkezett.

Elkezdjük az M38 – NGC 1907 valószínűsített dinamikai kettős nyílthalmaz vizsgálatát. 999 csillag radiális sebessége alapján mindkét halmazban nagy (4 km/s körüli) sebességszóródást találtunk, ellentétben a halmazok kora (250 és 400 millió év) alapján várható, relaxálódott halmazokra jellemző 1,5 km/s vagy kisebb sebességszóródással. Ez arra utalhat, hogy a két halmaz valóban gravitációs kölcsönhatásban áll. A két halmazban 17 változócsillagot találtunk, leginkább fedési kettősöket és δ Scuti pulzátorokat.

Folytattuk a kétmódusú galaktikus cefeidák spektroszkópiai analízisét nemzetközi együttműködés keretei között. Befejeztük 13 déli kétmódusú cefeida echelle-spektrumainak kiértékelését. A program célja a fémtartalom nagy pontosságú meghatározása, a fémtartalom és a rezgési periódusok arányának összevetése az elméleti modellek jóslataival, ezen keresztül a modellek tesztelése. Eredményeink szerint a kétmódusú cefeidák vastartalma $[Fe/H] = -0,5$ és $0,0$ között van, összhangban a korábbi adatokkal. Összehasonlításképpen a Nap spektrumában a vas logaritmikus gyakoriságát $7,518 \pm 0,022$ -nek határoztuk meg, ami jól egyezik a konvencionális $7,45 \pm 0,05$ -ös irodalmi értékkel.

A MACHO nyilvános adatbázisa alapján tanulmányoztuk a Nagy Magellán-felhő vörös óriás változócsillagainak hosszú másodperiódusait. A periódus-fényesség, illetve periódus-amplitúdóarány relációk alapján a néhány száztól néhány ezer napig terjedő időskálán jelentkező másodlagos fluktuációkat pulzációs eredetű változásokként azonosítottuk, noha a kettősség hatásait továbbra sem lehetett egyértelműen kizárni.

Elvégeztük a Tejútrendszer nagy tömegű vörös szuperóriás változócsillagainak átfogó fénygörbe- és periódusanalízisét az AAVSO által összegyűjt-

tött vizuális megfigyeléseket feldolgozva. A csillagok jelentős hányadánál kimutattuk a kis tömegű vörös óriáscsillagokra jellemző, hosszú másodperiódusok jelenlétét, melyek hasonló periódus–fényesség relációt követnek, mint a Magellán-felhők vörös óriásai. Emellett sztochasztikus, illetve $1/f$ -zajként azonosítható komponenseket is találtunk a több évtizedes adatsorok homogén analízisével.

Harminc pulzáló kettős poszt-AGB változócsillag CCD fénygörbéit felhasználva meghatároztuk az elsődlegesen RV Tauri típusú csillagokkal beépített poszt-AGB instabilitási sáv empirikus határait. A kék oldalon jellemzőbbek a kis amplitúdójú, többszörösen periodikus pulzációk, melyek jól jelzik a gerjesztésben fellépő változásokat.

Saját méréseink alapján modelleztük öt déli fedési kettőscsillag fénygörbéjét és radiálissebesség-görbéjét. Közülük a V870 Ara szélsőségesen kicsi tömegarányúnak ($q=0,082$), három pedig spektroszkópiai hármas rendszernek bizonyult.

Befejeztük a SN 2004dj II-P típusú szupernóva spektroszkópiai és fotometriai vizsgálatát, a szupernóva felfedezése utáni 1 év alatt gyűjtött megfigyelési adatokra alapozva. A fénygörbéből megállapítottuk, hogy a fotoszferikus fázis a robbanás után kb. 100 nappal ért véget. Az ezen időszak alatt készült spektrumaink modellezéséből H, Na, Fe, Sc, Ti és Ba jelenlétét mutattuk ki. A szupernóvára két módszerrel új távolságot határoztunk meg (3,75 és 3,66 Mpc), ami kicsit nagyobb, mint a szülő galaxis korábban ismert távolsága. A szupernóva-robbanás előtti képeinek fotometriájából megszerkesztettük a szülő objektum (a Sandage–96 jelű kompakt csillaghalmaz) spektrális energiaeloszlását. Ezt összevetettük különböző modellszámítások jóslataival, amiből kimutattuk, hogy a halmaz valószínű kora 8 és 20 millió év között van. Amennyiben a 8 millió éves életkor a helyes, a szupernóva kezdeti tömege kb. $23\text{--}25 M_{\odot}$ kellett, hogy legyen, ami eddig a legnagyobb tömegű ismert szupernóva szülőcsillag.

Kis égitestek vizsgálata

Feldolgoztuk 23 főövbeli kisbolygó 1999 és 2003 között végzett CCD-fotometriai méréseit. Közülük nyolcraól a mi megfigyeléseink a legelső a szakirodalomban. Vizsgálataink célja az égitestek forgási periódusának meghatározása volt, ami 10 kisbolygónál sikerült. A meghatározott periódusok 2,6 órától 13,36 óráig terjednek. A 3682 Welther kisbolygó fénygörbéjében olyan rövid időskálájú elhalványodásokat találtunk, amelyet kísérő égitest (kisbolygó-hold) létezésével lehet magyarázni. A többi kisbolygó esetében a forgási periódusra és az alak elnyúltságára alsó becslést tudtunk adni.

Észlelési kampányt szerveztünk a Jupiter-családba tartozó 9P/Tempel-1 üstökös megfigyelésére 2005. január-október folyamán, a Deep Impact kísérlet eredményének hosszú távú vizsgálata céljából. A becsapódás hirtelen 60%-kal emelte meg az égitest anyagtermelését, de nem hozott létre új aktív területet. A kidobott anyagfelhő 0,2 km/s kezdeti sebességgel tágult, és benne nagy mennyiségű apró szemcsés port találtunk. A por valószínűleg már a becsapódás előtt jelen volt a felszínen, mert a lövedék energiája kevés volt ahhoz, hogy mikrométeres méretűre törjön egy monolit kőzetet. Ezek alapján fölvethető, hogy ez az üstökös életében már elszenvedett néhány korábbi becsapódást.

Szimuláltuk olyan csillagjuk előtt átvonuló exobolygók fénygörbéjét, amelyekben a bolygó körül hold is kering. Megállapítottuk, hogy a tervezett űrprogramok (CoRoT, Kepler) várható pontossága lehetővé teszi, hogy a fénygörbe alapján a holdakra is következtetni lehessen. A Kepler program 20% valószínűséggel tudná kimutatni a Holdat, ha a Nap–Föld–Hold rendszer pontos mását figyelné meg egy Föld-átvonulás során. A szimulációk alapján kimutattuk, hogy a fénygörbén az eddig figyelembe vett effektus mellett (a bolygó keringése a közös tömegközéppont körül) egy második folyamat is nyomot hagy: a hold keringése a közös tömegközéppont körül. Ennek eredményeképpen a fénygörbe pontjai alapján számítható „timing effect”, vagyis a fénygörbe időbeli csúszkálása általában sokkal nagyobb lehet (a Föld esetében pl. 15,2 perc, a korábban számított 2,7 perc helyett). 500 rendszer alapján megvizsgáltuk a mai technikával valószínűleg megfigyelhető holdak paramétereit. Ezek a holdak a bolygótól elég távol keringenek, keringési idejük legalább 10 nap; a hold–bolygó rendszer a csillag körül pedig legalább 250 nap periódussal kering. Pozitív eredmény általában az 1 M_{\odot} -nél kisebb tömegű csillagok bolygói esetén várható. A tervezett űreszközök a jövőben több ilyen holdat is megfigyelhetnek, s az ismert „exoholdak” száma a következő évtized végére a pár tucatot is elérheti.

Gravitációelmélet

A gravitációs sugárzást kibocsátó kompakt kettős rendszerek tanulmányozása során levezettük a relativisztikus, valamint véges-méret effektusokat is tartalmazó általánosított Kepler-egyenletet. Hatékony és a perturbációk széles osztályában alkalmazható módszert dolgoztunk ki a szekuláris effektusok számolására. Vizsgáltuk a sajátperdület és a kvadrupólmomentum hatását a gravitációs sugárzasi jelalakokban. Elvégeztük az ütköző sugárzasi mezőkből álló csillagatmoszféra kanonikus kvantálását.

Vizsgáltuk a kozmológiai fejlődést és a feketelyuk-képződést magasabb dimenziós elméletekben (brán-világokban). Levezettük a luminozitás-távolság – vöröseltolódás összefüggés analitikus alakját, majd összehasonlítást végeztünk a szupernóvaadatokkal, igen jó egyezést találva 4%-os ún. sötét sugárzás, 22,5% anyag és 73,5% sötét energia értékek mellett. Elemeztük a Hawking-sugárzás kettős hatását is: elnyelődése sötét anyagként lassítja, nyomása sötét energiaként gyorsítja az univerzum tágulását.

Megmutattuk, hogy az extra dimenzióba aszimmetrikusan beágyazott, fekete lyukakat is tartalmazó bránon reguláris kozmológiai fejlődés által kísért jövőbeli nyomás-szingularitás léphet fel. Meghatároztuk az aszimmetria kritikus paraméterét, melyre ez bekövetkezik, ezzel korlátokat adva a beágyazás aszimmetriájának megengedhető mértékére. A gravitációs kollapszus vizsgálata azt mutatta, hogy a bránon összeomló anyagban feszültségek keletkeznek. Az összeomlás végső szakaszában a kialakuló eseményhorizonton belül a feszültségek a sötét energiára jellemző feltétel teljesüléséhez vezetnek. Asztrofizikai fekete lyukak esetében ez közvetlenül a horizont alatt, galaktikus fekete lyukak esetében jóval később következik be. Kifejeztük a fény gravitációs elhajlását a tömegben és az árapály-töltésben másodrendig brán fekete lyukak környezetében.

Oktatás, ismeretterjesztés

A 2005/2006. tanévben 15 I. éves, 12 II. éves, 5 III. éves, 7 IV. éves és 3 V. éves csillagász szakos hallgatónkot oktattuk. A csillagközi anyagról és a csillagfejlődésről szolt dr. Kun Mária (CSKI), az űrcsillagászatról dr. Szabados László (CSKI) vendégoktatók féléves előadása. Dr. Kolláth Zoltán (CSKI) a pulzációelméletéről és a káoszról, dr. Petrovay Kristóf (ELTE) a napfizikáról tartott kurzust nálunk.

A IV. éves fizikus és fizikatanár szakos hallgatóknak Csillagászat, az I. éves geográfus és földrajztanár szakosoknak Csillagászati földrajz kurzusokat tartottunk. Továbbra is igen népszerűek voltak az általános művelő tárgyként meghirdetett előadásaink, választhatóként felvehető kurzusaink, amelyeket gyakran 150–200 hallgató is felvett egy-egy félév során. A két év alatt 14 diplomamunka és 5 TDK dolgozat született csillagászati témakörben.

2005-ben Gáspár András és Makai Zoltán I. díjat, Jurkovic Mónika II. díjat, Makai Zoltán kiemelt dicséretet kapott a XXVII. Országos Tudományos Diákköri Konferencián. Gáspár András elnyerte a Pro Scientia aranyérmet.

2005-ben csillagász oklevelet szerzett Csapó Balázs, Heiner Zsuzsanna, Horváth Zsolt, Major Csaba Ferenc, Szaniszló Erika, 2006-ban Ékesné Ba-

logh Renáta, Gáspár András, Jurkovic Mónika, Makai Zoltán Sándor, Nagy Botond és Váradi Mihály.

A 2006/2007. tanévben indult az új rendszerű képzés az egyetemen. Ezzel megszűnt az 5 éves csillagász szak. A 3 éves fizika alapszakon (BSc) belül létezik csillagász szakirány, amit a 2. év elején lehet felvenni. 2009 szeptemberétől tervezzük indítani a 2 éves csillagász mesterszakot (MSc), melyet az ELTE-vel közösen alapítottunk.

Internetes honlapunk sok magyar nyelvű csillagászati és űrkutatási anyagot tartalmaz, folyamatosan fejlesztjük. A Szegedi Csillagvizsgálóban keddenként az MCSE helyi csoportja tartotta foglalkozásait Székely Péter vezetésével. A hagyományos őszi találkozóinkon az ország sok részéről mintegy 50 amatőr csillagász vett részt. A péntek esti nyitva tartásaink során évente kb. 5000 látogatónk volt. Munkatársaink rendszeresen tartottak előadásokat az MCSE országos találkozóin.

2006-ban átalakítottuk a 40 cm-es távcsövünket Newton-rendszerűre (így nagyobb lett a látómező) és új, távvezérelhető villás mechanikára tettük. Az év végén a csillagvizsgáló fődémszerkezetét átépítettük, egy nagy észlelő-teraszt hozva létre.

E. Kovács Zoltán

A 25 éves Kecskeméti Planetárium tevékenysége

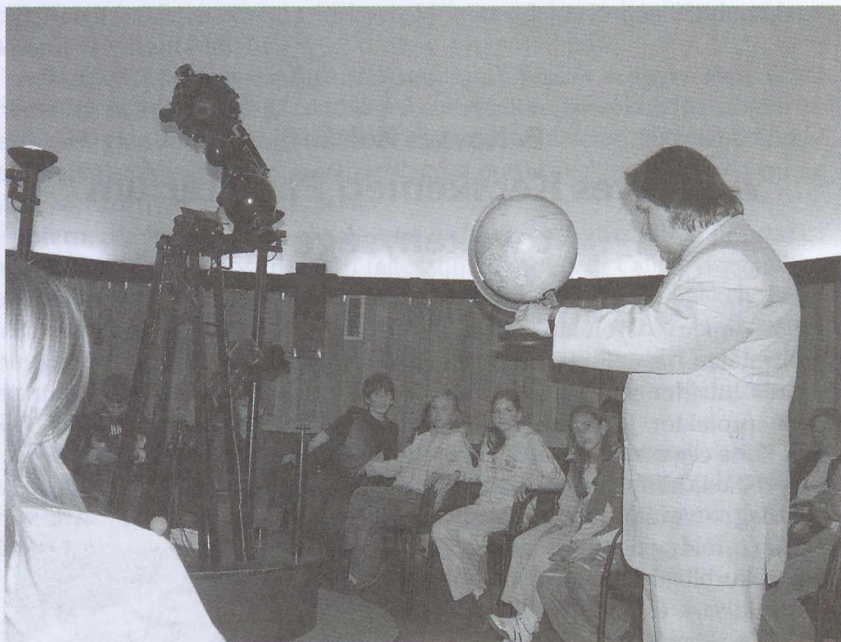
1983. május 17-én nyílt meg Kecskeméten a kisplanetárium. A város tulajdonában lévő ZKP-1 típusú projektor Jénában készült. Ezt a Zeiss cég elképzelései szerint középről kell irányítani, de nálunk – házilag – vezérlőpult is készült hozzá. (A földrajzi szélességet eredetileg kurblival lehetett állítani az Északi-sark és az Egyenlítő között – Kecskeméten ez mind a mai napig egy Zsiguli ablaktörő motorjával működik.) A kupola átmérője 8 m. Az épületről is a város gondoskodott, s a planetárium ma már Kecskemét Megyei Jogú Város intézménye, de az indulás „hét szűk esztendejében” a TIT működtette. Az első igazgató Ujvárosy Antal volt, majd 1986. június 1-jétől E. Kovács Zoltán. További előadók: Jäger Zoltán, Szűcs László, Szijártó Sándor és Oppelt József.



1. ábra A Kecskeméti Planetárium épülete

Amikor a planetárium létesült, a tervek szerint épült volna hozzá egy csilagvizsgáló torony is. De arra már sajnos nem volt pénz, így a Zeiss Meniscus reflektor ládában maradt. Később – a Soros Alapítvány modellintézményeként – pályázati pénzből vásároltunk még egy 10 hüvelyk tükörátmérőjű Mead-távcsövet, amihez CCD kameránk is van, de távcsöves bemutatást csak az utcán tudunk tartani.

Az első 5 évet magnós „konzerv műsorok” jellemezték. Aztán – mivel nem járt sikerrel a pécsi planetárium óvodás műsorának (A Hold ruhája) magnós adaptálása – önálló kísérletezésbe kezdtünk. Rájöttünk, hogyan használhatjuk ki a kisplanetárium előnyeit. Minthogy a kupolaterembe egyszerre csak 1–2 osztálynyi gyerek fér be, élősavas műsorokkal tudunk



2. ábra A ZKP-1 vetítógép a Kecskeméti Planetáriumban (és a földgömb, aminek a talpa jelzi a pályasíkot)

igazán közvetlenek (humorosak, bensőségesek) lenni. Mai sikereinknek szintén ez a záloga. Digitalizált világunk technikájával ugyan nem tudunk mindenben lépést tartani, ám tudjuk nyújtani azt, ami ma hiányzik az embereknek: nekik szólunk közvetlenül, beszélgetünk velük műsor közben. Éppen ezért átszereltük a vezérlőpultot délre, ami ezáltal a nézőkkel szemben elhelyezkedő előadói pódiummá is vált. A közönség pedig már nem csupán passzív befogadója, hanem aktív részese lehet a produkciónak.

A műsorkészítés több éves folyamat, közben pedagógiai kísérleteket is folytatunk. Állandóan figyeljük a résztvevők reagálását. Ami jól sikerül, azt máskor is ugyanúgy csináljuk, ami viszont fölöslegesnek bizonyul, azt kihagyjuk. Így évek során egyre jobban kikristályosodnak az előadásaink. Mindenkinek tudunk élményt nyújtani, gyakran jönnek – számukra megfelelő műsorra – még értelmi fogyatékosok is. Spontán érdeklődők számára a koncentrált lehetőségeken, pl. a csillagászati és űrutatási heteken (újabbban: ENSZ Világűrhet), vagy éppen az aktuális események ürügyén szervezett ad hoc programokon túl (pl. Hubble űrteleszkóp évfordulója, Einstein

fénystaféta), minden hétvégén vannak előadások, amikor a családok jobban ráérnek. Ám csoportokat bármikor fogadunk, csak egyeztetni kell előre. (Mottó: nem hivatal vagyunk, ez egyfajta *szolgáltatás*, tehát *mi* alkalmazkodunk a csoportokhoz.)

Az intézmény egyik fő feladatának tekinti az iskolai oktatás segítését. A planetárium igazgatója csillagászatból lett pedagógiai szaktanácsadó, így hozzá tartozik minden, ami a csillagászattal összefügg a természetismeret, a földrajz, a fizika, sőt szórványosan más tantárgyak esetében is. Az iskolában tanultakat a műsorkészítés során is figyelembe vesszük. Az utóbbi másfél évtizedben az érdeklődők száma rendszeresen megközelítette az évi harmincezer főt. Regionális intézményként működünk, bár szórványosan az egész országból, sőt külföldről is érkeznek csoportjaink.

Leglátogatottabb műsoraink a *Csillagmese – igaz mese*, amelyben óvodásokkal ill. kisiskolásokkal fedeztetjük föl a Föld forgását, valamint a *Csillagos évszakok*. Ez utóbbi többek közt eloszlatja a tévhitet, hogy ovális a Föld pályája. (Tapasztalataink szerint sok pedagógus is azt hiszi, hogy nyáron vagyunk közelebb a Naphoz, holott valójában január elején. Kisgyerekek tankönyvében is előfordul ovális ábra, és nem írták mellé, hogy ez csak olyan, mint amikor oldalról nézünk egy tányért, sőt sokszor a komoly csillagászati könyvek sem említik meg, hogy a bolygók ellipszis pályája alig tér el a körtől, és ahhoz, hogy szemléltetni tudjuk pl. Kepler I. törvényét, szándékosan eltúlozzuk a bolygópályák lapultságát.)

A planetáriumban a csillagászati–űrkutatói ismeretterjesztésen túl a fizika népszerűsítését is feladatunknak tekintjük. Láthatnak a gyerekek szifonpatronos rakéta-demonstrációt és léggömb-rakétát. De a lézeres–hologramos ismeretterjesztő előadások, a természettudományi diákklub Őveges-kísérletei, valamint az elektronikai szakkör is ezt a célt szolgálták. A fizikához kapcsolódóan nagyon fontosnak tartjuk a *Súly, súlytalanság, gravitáció* rendezvény órát, mert az a tévhit is nagyon elterjedt, hogy a világűrben nincs gravitáció.

Az intézmény igazgatója szokta vezetni a Budapesti Ismeretterjesztő Társulat országos tehetséggondozó táboraiban a csillagász szekciót, szerkeszti a feladatmegoldó versenyeket, az Abacus csillagászat rovatát, de rendszeresen ír szakmódszertani cikkeket is pedagógiai folyóiratokba (*Óvodai Nevelés, A Földrajz Tanítása*), továbbá ismeretterjesztő cikkeket. 2006-ban a Kossuth Klub Egyesülettel közösen a planetáriumban rendeztük meg a Kárpát-medencei Komplex Természettudományi Vetélkedő döntőjét. A tehetséggondozás (szakkörök, napközis táborok, speciális sorozatok) mellett pedagógus továbbképzéseket is rendszeresen tartunk, és segítjük szakdolgozó, ill. tudományos diákköri munkát végző főiskolások munkáját. Tanító-

képzős főiskolásokat órakeretbe beépítve is el szoktak hozni a planetáriumba, nemcsak Kecskemétről, de Nagykőrösről is. (Amikor volt rá lehetőség, a Kecskeméti Főiskolán csillagászatot is tanítottunk.)

Rendkívül jó munkakapcsolatban vagyunk az MCSE Kiskun Csoportjával. Évek óta segítjük egymás munkáját. A Vénusz-átvonulás, a 2007. márciusi holdfogyatkozás bemutatása is közös rendezvényünk volt. Együtt rendeztük meg a Kulin György Nemzetközi Szakmódszertani Szimpóziumokat is, határon túli magyarok részvételével.

A csillagászati és űrkutatási vándorkiállításunk, több saját készítésű szemléltető eszközzel, szinte az egész országot bejárta. A planetáriumban most is megtekinthető szemléltető eszközök: Nap–Föld, ill. Föld–Hold méret- és távolságarányos modell, valamint a Föld körül keringő űreszközök pályamagasságát bemutató makett, működő fogyatkozásmodellek, az Orion fényesebb csillagainak térbeli elhelyezkedése (ilyet 2007-ben a Wonders tudományfesztiválon csillagászati játszóház keretében Angliában és Portugáliában is bemutattunk). A folyosón, két évtizeden át közet- és ásványtani állandó kiállítás, továbbá számtalan időszakos kiállítás (asztrofotó, képzőművészeti, festmény, fotó) volt látható. 2007-ben Martor Géza a városszépítő Porta Egyesület jóvoltából a planetárium épületét felhasználva megkonstruálta a világ legnagyobb henger-napóráját: a homlokzatra körbe sík gipsz stukkó lapokat szerelt föl, az idő a fény–árnyék határor olvasható le.

Fölfújtt strandlabdával és kis golyókkal már másfél évtizede szemléltetjük a Nap és bolygói méret- és távolságarányait – és nemcsak Kecskeméten: táborokban, sőt az avatóünnepség alkalmából még Ópusztaszeren is (ott a bolygómaketteket az akkori, éppen aktuális naprendszerbeli helyzetbe állítottuk be). 2001-ben Kecskeméten fölavattunk 10 bronz szobrot (Lakatos Pál Sándor szobrászművész alkotásai): a planetáriumnál van a Plútó-szobor, s a városháza mellett a Nap szobra. Mindegyik bolygómakett megfelelő helyer található a városban, megfelelő méretben. Mindez a valóságnak 3,3 milliárd-



2. ábra A kecskeméti városháza épülete a Nap szobrával.

szoros kicsinyítése. Most már a Naprendszer-szobrok mentén „bolygóközi idegenvezető” nélkül is bárki nekiveselkedhet a Naprendszer-túra tortúra ismeretterjesztő sportprogramnak a majdnem 2 km-es útvonalon. (2006-ban a szobrász Dániában, Viborg megyében elkészítette a kecskeméti modell kistestvérét – fele akkora méretben.)

Foglalkozunk a naptevékenység földi hatásaival is, különös tekintettel a súlyos megbetegedésben szenvedőkre. A Naptól az emberig minden csupa-csupa elektromágneses csatolás. A Napból jövő nagy energiájú plazmafelhők okozta mágnesesfluxus-változás a mikrokörnyezetünkben is kimutatható. Mi magunk is mágnesesen-elektromosan működünk, hiszen az idegszálakban elektromos áramok folynak: nátrium-, kálium-ionok áramlanak. Így az egyensúlyából kibillent, súlyosan beteg szervezet esetében a viszonylag gyenge, a gyakoribb időjárási frontokkal együtt járó elektromos, mágneses légköri változások is katasztrófához vezethetnek. A megyei kórház pszichiátriai osztályával közösen vizsgáltuk, hogy az öngyilkossági kísérletek száma és a naptevékenység ingadozása között lehet-e összefüggést kimutatni. Egyértelmű szignifikanciát nem találtunk, bár a statisztikai mintavételhez sem állt rendelkezésre elegendő adat. Ami a továbbiakban járható útnak tűnik, az ad hoc esetvizsgálatok bizonyos betegek esetében. Természetesen fő feladatunk a tudományos ismeretterjesztés, aminek a jövőben is eleget teszünk.

A Magyar Csillagászati Egyesület

várja tagjai sorába mindazokat, akiket a csillagászat bármely területe érdekel! Kiadványokkal, rendezvényekkel, honlapokkal, tanácsokkal segítjük tagjainkat és az érdeklődőket, hogy csillagászati ismereteket sajátíthassanak el, megfigyeléseket végezhesenek, és kapcsolatot teremthessenek a hasonló érdeklődésűekkel. Tagjaink bekapcsolódhatnak helyi és szakcsoporthajunk tevékenységébe. Elérhetőségeink:

Magyar Csillagászati Egyesület, 1461 Budapest, Pf. 219.
Tel./fax: (1) 279-0429, <http://www.mcse.hu>, E-mail: mcse@mcse.hu

Polaris Csillagvizsgáló

Egyesületünk az óbudai Polaris Csillagvizsgálóban (Barátság Szabadidő Park, 1037 Budapest, Laborc u. 2/c.) rendszeres távcsöves bemutatókat és szakköri foglalkozásokat tart minden kedden, csütörtökön és szombaton sötétedéstől. Kérésre kihelyezett távcsöves bemutatókat, ismeretterjesztő előadásokat is vállalunk. A Polaris Csillagvizsgáló honlapja (aktuális programokkal): <http://polaris.mcse.hu>

Folyóiratunk, a Meteor

A *Meteor* havonta tájékoztat a csillagászat legújabb eredményeiről, az égbolton megfigyelhető jelenségekről, egyesületi programjainkról. Tanácsokat ad csillagászati megfigyelések végzéséhez, csillagászati fotózáshoz, távcsőépítéshez, számítógépes programok készítéséhez stb. Kérjen ingyenes mutatványszámot!

Csillagászati évkönyv, Amatőrcsillagászok kézikönyve

Egyesületünk rendszeresen megjelenteti a *Meteor csillagászati évkönyvet*, amelyben minden fontosabb, hazánkból megfigyelhető égi jelenség előrejelzése, rövid magyarázata megtalálható (naptár, napkelte, holdkelte időpontja, holdfázisok, bolygók, kisbolygók, üstökösök, meteorrajok láthatósága, fogyatkozások, csillagfedések stb.). Évkönyvünket olvasmányos cikkek, beszámolók egészítik ki, így nélkülözhetetlen segédeszköz az amatőrcsillagászok és a csillagászat iránt érdeklődők számára.

Kézikönyvünk immár harmadik kiadásban jelent meg, és nélkülözhetetlen forrás mindazok számára, akik csillagászati megfigyeléseket kívánnak végezni.

Csillagászati táborok, észlelőhétvégék

Nyári táborainkat zavaró fényektől távoli megfigyelőhelyeken tartjuk. Táboraink kitűnő lehetőséget biztosítanak a csillagászat elméleti és gyakorlati alapjainak elsajátítására. Ifjúsági táborainkat a csillagászat iránt érdeklődő középiskolás korosztály számára szervezzük. Évente megtartott észlelő-távcsőépítő találkozónk az ország amatőrcsillagászai számára kiváló lehetőséget nyújt megfigyelések végzésére, tapasztalatszerzésre.

Támogassa az MCSE-t az SZJA 1%-ával!

Adószámunk: 19009162-2-43

Szerzőink, közreműködőink

BALÁZS LAJOS, az MTA doktora, igazgató, MTA KTM CSKI
BARCZA SZABOLCS, a fizikai tudomány kandidátusa, tudományos főmunkatárs, MTA KTM CSKI
BEBESI ZSÓFIA, PhD-ösztöndíjas, MTA KFKI RMKI
BENKŐ JÓZSEF, PhD, tudományos főmunkatárs, MTA KTM CSKI
BUTUZA TAMÁS, amatőrcsillagász, informatikus
ÉDER IVÁN, amatőrcsillagász
ÉRDI BÁLINT, az MTA doktora, tanszékvezető egyetemi tanár, ELTE Csillagászati Tanszék
GYARMATI LÁSZLÓ, amatőrcsillagász, a Meteor rovatvezetője
HEGEDÜS TIBOR, PhD, a BKMŐ Csillagvizsgáló Intézet igazgatója
HINGYI GÁBOR, amatőrcsillagász, kiadványszerkesztő
HORVAI FERENC, munkatárs, Magyar Űrkutatási Iroda
KAPOSVÁRI ZOLTÁN, amatőrcsillagász
KÁLMÁN BÉLA, a fizikai tudomány kandidátusa, tudományos főmunkatárs, MTA KTM CSKI
KISS LÁSZLÓ, PhD, posztdoktori ösztöndíjas, University of Sydney, Ausztrália.
E. KOVÁCS ZOLTÁN, csillagász, a Kecskeméti Planetárium igazgatója
KUN MÁRIA, az MTA doktora, tudományos tanácsadó, MTA KTM CSKI
JEAN MEEUS, amatőrcsillagász, nyugalmazott meteorológus
MIZSER ATTILA, amatőrcsillagász, a Magyar Csillagászati Egyesület főtákará
PETROVAY KRISTÓF, az MTA doktora, egyetemi docens, ELTE Csillagászati Tanszék
SZABADOS LÁSZLÓ, az MTA doktora, tudományos tanácsadó, MTA KTM CSKI
SZABÓ SÁNDOR, amatőrcsillagász, a Meteor rovatvezetője
SZABÓ M. GYULA, PhD, tudományos segédmunkatárs, SZTE Kísérleti Fizikai Tanszék
SZATMÁRY KÁROLY, a fizikai tudomány kandidátusa, egyetemi docens, SZTE Kísérleti Fizi-
kai Tanszék
SZÉKELY PÉTER, tanszéki munkatárs, SZTE, Kísérleti Fizikai Tanszék
SZÖLLŐSI ATTILA, amatőrcsillagász, MCSE Kiskun Csoport helyettes vezetője
TÓTH IMRE, PhD, tudományos főmunkatárs, MTA KTM CSKI
VIZI PÉTER, könyvkiadó, Geobook Hungary

Képmelléklet

1. A Hinode optikai távcsövével készült kromoszféra kép a 2006. dec. 13-i fler késői szakaszáról, a hurokrendszerrel. (A napkutatás újdonságai c. cikkünkhöz.)
2. Tavak a Titán (hamisszínes) radarfelvételen. Forrás: NASA. (Titán – a Szaturnusz óriásholdja c. cikkünkhöz.)
4. A STEREO űrszondapár által készített térhatású kép a napkoronáról, a szokásos piros-kék szemüvegen keresztül nézhető.
- 3.,5. A Titán a Voyager–1 vizuális tartományban készült (3), és a Cassini multispektrális felvételén (5). Forrás: NASA. (Titán – a Szaturnusz óriásholdja c. cikkünkhöz.)

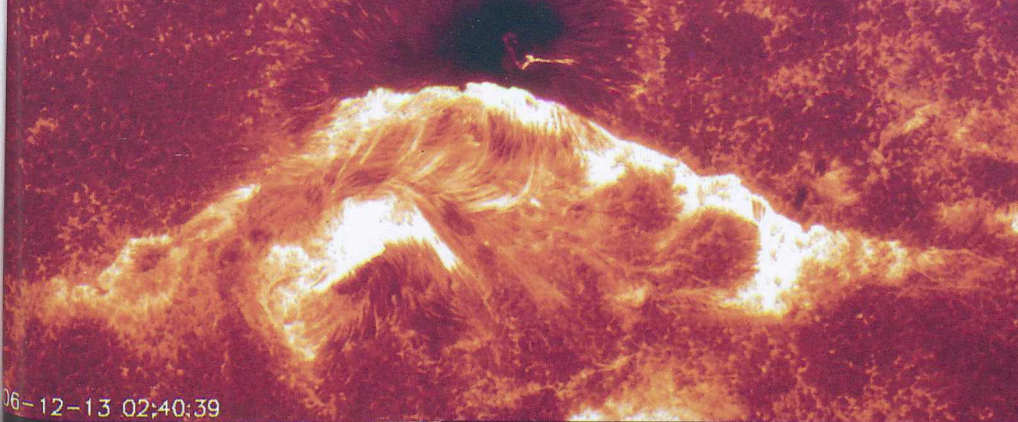
Illusztrációk Digitális mélyérfotózás c. cikkünkhöz

6. Az IC 1396. Egy 60 és egy 120 perces felvétel átlagából készült, 6x7 cm-es középformátumú Kodak E200 diára készült a fotó. A beillesztett kép ugyanazzal a műszerrel, de átalakított EOS 350D-vel készült, jól látszik mennyivel kisebb látómező érhető el a digitális kamerával.
7. A Selyemgubó-köd (IC5146). Balra 2 db 60 perces expozíció átlaga Fuji Provia 400-as diára, jobbra 22 db 10 perces expozíció átlaga átalakított Canon EOS 350D-vel. Mindkét képrészlet 130/780-as TMB refraktorral készült, jól látszik, mennyivel részletgazdagabb a digitális módszerrel készült felvétel.
8. Az M13 gömbhalmaz. A bal oldali képrészlet 155/1395-ös Starfire refraktorral, Fuji Provia 400-as filmre, a jobb oldali pedig 130/780-as TMB refraktorral, Canon 350D-vel készült. Mindkettő nagyjából azonos, kb. 2 óra össz-integrációs idővel készült. Jól látszik, hogy a digitális gép mind felbontásban, mind pedig határfényességben is jócskán felülmúlja a majd' kétszer akkora fókuszú távcsövet, diára készült képet.
9. Az M31, az Andromeda-köd. Ladányi Tamás felvétele 2005. szeptember 2-án készült, a Középső-Hajagról. Canon EOS 300D, 2,8/300 Canon L teleobjektív, 2 db 4 perces kép átlaga, ISO 800. Képfeldolgozás: Black Frame NR, Registar, Photoshop, Neat Image.
10. A nyári Tejút legfényesebb területe Horváth Attila Róbert felvételén. Canon EOS 300D fényképezőgép, 20x3 perc expozíció, Sigma 16-os objektív, EQ-6 mechanika. A felvétel jobb oldalán látható nagyon fényes égitest a Jupiter bolygó, alatta pedig a Scorpions csillagkép legfényesebb csillaga, az Antares.

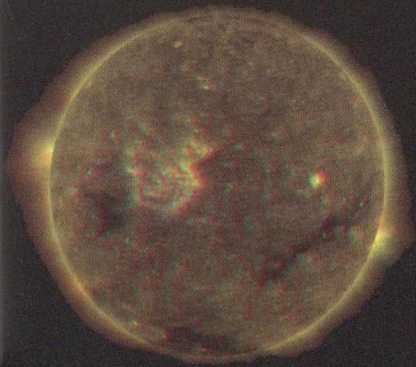
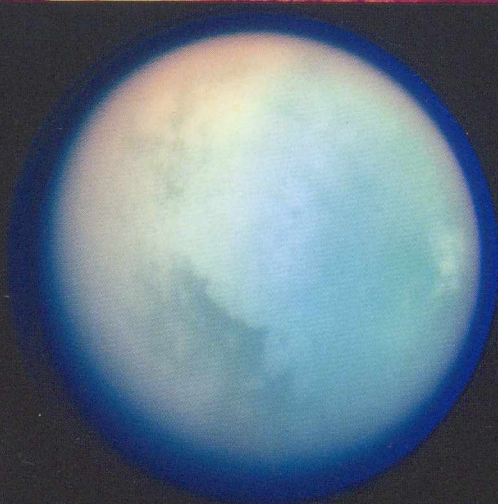
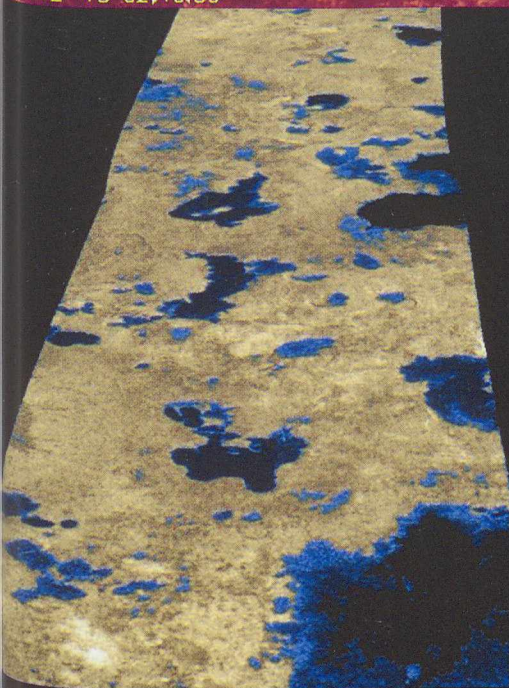
A McNaught-üstökös

2007 januárjának szenzációja volt a McNaught-üstökös, mely az esti szürkületben sokak figyelmét magára vonta. Az előzetes várakozásokat messze felülmúló kométa fényességére jellemző, hogy a Nap kitakarásával a nappali égen is meg lehetett figyelni, többen szabad szemmel is látták a –5 magnitúdóra fényesedett látogatót.

11. Dienes Péter felvétele 2007. január 10-én készült a budai Sváb-hegy fölött látható üstökösről. A fotó Canon EOS 350D fényképezőgéppel készült.
12. A McNaught-üstökös a déli féltéke megfigyelői számára egészen másfajta látványosságot jelentett. Hatalmas, rendkívül bonyolult csóvája január végén fantasztikus megjelenést kölcsönzött az utóbbi évtizedek legfényesebb üstökösének. A fotó Canon EOS 300D fényképezőgéppel készült (ISO 1600-as érzékenység, 18 mm-es fókusz). A kép 6 db 30 mp-es felvétel összege. Az egyedi képek 2007. január 20. 10:38–10:42 UT között készültek (Derekas Aliz, Kiss László, Szabó M. Gyula és Takács István felvétele az Ausztráliai Katoomba mellől készült).



06-12-13 02:40:39



1
2 3
4 5



11

12

budapesti
távcső
centrum



Budapesti Távcső Centrum

- » a legjobb távcsőmárkák képviselete
- » a legnagyobb hazai raktárkészlet
- » csillagászati távcsövek, mechanikák
- » állványok, kiegészítők
- » binokulárok, spektívek
- » éjjellátók, mikroszkópok
- » csillagászatra, természetfigyelésre, fotózáshoz

nyitva tartás

H-P | 10-18h
SZOMBAT | 9-12h
ebédszünet 12-12.30h

telefon

(1) 202 5651 | üzlet
(20) 485 0040 | postai rendelés
(20) 432 5555 | tanácsadás
(99) 332 548 | fax

e-mail

www.tavcsobolt.hu
www.tavcsso.com

info@tavcsso.hu
tavcsso@tavcsso.hu

XII. Városmajor u. 19/b
1 percre a Déli pályaudvarhoz



Sky-Watcher





Ár: 1950 Ft



ISSN 0866-2851