meteor

csillagászati évkönyv

2021

www.mcse.hu

METEOR CSILLAGÁSZATI ÉVKÖNYV 2021

meteor
csillagászati évkönyv
2021

Szerkesztette:
Benkő József
Mizser Attila

Magyar Csillagászati Egyesület
www.mcse.hu
Budapest, 2020

Az évkönyv kalendárium részének összeállításában közreműködött:
Bagó Balázs
Görgei Zoltán
Hannák Judit
Kaposvári Zoltán
Kovács József
Molnár Péter
Sánta Gábor
Szabadi Péter
Szabó Sándor
Szklenár Tamás
Szőllősi Attila
Zsoldos Endre

A kalendárium csillagtérképei az Ursa Minor szoftverrel készültek.
www.ursaminor.hu

Szakmailag ellenőrizte:
Szabados László

A kiadvány támogatói:
A kiadvány a Magyar Tudományos Akadémia támogatásával készült.
További támogatók:
mindazok, akik az SZJA 1%-ával támogatják a Magyar Csillagászati Egyesületet
Adószámunk: 19009162-2-43

Felelős kiadó: Mizser Attila
Nyomdai előkészítés: Molnár Péterné
Nyomtatás, kötészet: Gelbert Eco Print

Terjedelem: 20,5 ív fekete-fehér + 4 oldal színes melléklet
2020. november
ISSN 0866-2851

Tartalom

Bevezető 7

Kalendárium 13

Cikkek

Balázs Lajos: 100 éves a svábhegyi Konkoly Thege Miklós Csillagászati Intézet 173

Szalai Tamás: Ég veled, Spitzer! Búcsú a NASA infravörös-űrtávcsövétől 199

Szabados László: Asztrometria 21. századi módon 216

Kővári Zsolt: Napflerek, csillagflerek, szuperflerek 253

Dálya Gergely – Kalup Csilla: A csillagászati diákolimpiák 263

Beszámolók

Mizser Attila: A Magyar Csillagászati Egyesület 2019. évi tevékenysége 280

Kiss Csaba – Szabó Róbert: Az MTA CSFK Csillagászati Intézetének 2019. évi tevékenysége 287

Petrovay Kristóf: Az ELTE Csillagászati Tanszékének működése 2019-ben 300

Szatmáry Károly – Hegedüs Tibor: Az SZTE szegedi és bajai csillagászati tevékenysége 2019-ben 307

Szabó M. Gyula: Az ELTE Gothard Asztrofizikai Obszervatórium és Multidiszciplináris Kutatóközpont 2019. évi működése 319

Megemlékezés

Guman István 1919–2019 326

Szerzőink, közreműködőink 328

A címlapon

Békés tájképnek tűnik, pedig a Tejútrendszer centrumának optikai hullámhosszakon nem látható környezete egyáltalán nem nyugodt. A csillagokkal zsúfolt központi régió belsejében egy kb. négymillió naptömegű fekete lyuk lapul, amelynek közvetett kimutatását 2020-ban fizikai Nobel-díjjal ismerték el. Ezt a felvételt a Spitzer-űrteleszkóppal készítették infravörös hullámhosszakon. A tervek szerint 2021-ben megkezdi működését az ugyancsak infravörös sugárzást észlelő James Webb-űrtávcső, amivel még részletesebb kép kapható galaxisunk központjának környékéről. (Szalai Tamás Ég veled, Spitzer! c. cikkéhez; forrás: NASA, JPL-Caltech, Susan Stolovy [SSC/Caltech] és munkatársai.)

A belső borítón:

A Keszthelyen szervezett csillagászati diákolimpiai észlelési feladataira kihelyezett 150/750-es Newton-reflektorok (Szűcs Mátyás felvétele)

A hátsó borítón

Tass Antal, a Svábhegyi Csillagvizsgáló igazgatója az intézet 60 cm-es Heyde–Zeiss gyártmányú távcsövével 1928-ban (üvegdia, CSFK KTM CSKI archívuma)

Bevezető

Átalakuló világunk jelenségei nem kímélik évkönyvünket sem. A hazai könyvterjesztés viszonyai (óriási árrések, késedelmes fizetés stb.) közepette már régen megszűnt volna kiadványunk, ha nincs mögötte a Magyar Csillagászati Egyesület népes tagsága és mindazok, akik támogatásra méltónak találják az egyesület célkitűzéseit. Legalább ekkora elismerés illeti szerzőinket és a kötet szerkesztésében részt vevő hivatásos csillagászokat, valamint a téma iránt elkötelezett amatőröket, akik ingyenesen, ügyszeretetből, színvonalasan végzik munkájukat – mint oly sokan a Magyar Csillagászati Egyesületben. Mindezek eredményeként ismét terjedelmes kötettel jelentkezünk, amelyben a csillagászat legújabb eredményei és a hazai csillagászati intézmények beszámolói mellett a 2021-ben megfigyelhető égi jelenségek és érdekes látnivalók gazdag kínálatát találja a Kedves Olvasó.

Cikkeink sorát Balázs Lajos írása nyitja, amelyben a Svábhegyi Csillagvizsgáló 100 évvel ezelőtti létrehozása apropóján kapunk visszatekintést a magyarországi csillagászat kezdeteire, továbbá az új intézmény létrehozásának körülményeire és első évtizedének történéseire. A NASA egyik jelentős csillagászati programja, a Spitzer-űrtávcső nemrégiben fejezte be működését. Az infravörös tartományban dolgozó űreszköz fontos eredményeit foglalja össze Szalai Tamás. Szabados László az asztrometriai űrtávcsövek lenyűgözően pontos méréseit ismerteti Asztrometria 21. századi módon című cikkében. A Nap és a csillagok flertevekénységét Kővári Zsolt mutatja be Napflerek, csillagflerek, szuperflerek című írásában. A 2019-es év jelentős hazai csillagászati rendezvénye volt a Nemzetközi Csillagászati és Asztrofizikai Diákolimpia. A csillagászati tehetséggondozás ezen igen látványos formáját ismerteti Dálya Gergely és Kalup Csilla cikke.

Kötetünket hagyományosan intézményi beszámolók zárják.

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, akiket érdekelnek a csillagos ég jelenségei.

Továbbra is valljuk, hogy a számítástechnika és az internet mai elterjedtsége mellett, amikor egyre többen használnak különféle planetáriumprogramokat, és naprakész információkat kaphatnak az internetről, és ezzel akár személyre szóló „évkönyvet" is készíthetnek saját használatra, egy hagyományos, nyomtatott év-

könyvnek gyökeresen más szerepet kell kapnia. Olvasóink figyelmébe ajánljuk a Magyar Csillagászati Egyesület Meteor c. lapját, amely számos aktuális égi jelenségről közöl előrejelzést Jelenségnaptárában, olyanokról is, amelyek jellegüknél fogva nem szerepelhetnek évkönyvünkben. Ugyancsak számos érdekes észlelési ajánlat található az MCSE honlapján (www.mcse.hu) és hírportálján (www.csillagaszat.hu). Az égbolt megismerését, a távcsöves megfigyelőmunkát különféle szoftverek is segítik, amelyek közül hármat ajánlunk: az Ursa Minort (www.ursaminor.hu), a Stellariumot (www.stellarium.org) és a Guide 9.1-et.

A 2021-es Csillagászati évkönyvben az utóbbi évek köteteinél megszokott módon igyekeztünk bemutatni, előre jelezni az év folyamán megfigyelhető jelenségeket. Az adott hónap csillagászati érdekességeire hosszabb-rövidebb ismertetőkkel hívjuk fel a figyelmet (Hold, bolygók, együttállások, üstökösök, fogyatkozások, fedések, mélyég-objektumok stb.). Mindezzel szeretnénk még közelebb hozni az érdeklődőket a csillagos éghez, céltudatosan irányítva rá figyelmüket egy-egy égi eseményre. Mindazok, akik kedvet kapnak a megfigyelések végzéséhez és beküldéséhez, a Meteor rovatvezetőinél kaphatnak további tájékoztatást (elérhetőségük megtalálható a kiadvány honlapján: meteor.mcse.hu). Az észlelések online feltöltését teszi lehetővé az eszlelesek.mcse.hu címen található oldalunk.

A havi előrejelzéseket évfordulós csillagászattörténeti érdekességek is színesítik.

A **Kalendárium** hagyományos naptár része minden hónapban kétoldalnyi táblázattal kezdődik. Ezekben minden időadat közép-európai időben (KÖZEI) 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 ($\lambda = 15°$) mennyit tér el a Nap valódi delelési időpontja a zónaidő déli 12 órájától. Minthogy az évkönyv táblázatai a $\lambda = 19°$ földrajzi hosszúságra készültek, a delelési időpont oszlopában látható, hogy a valódi Nap itt 16 perccel korábban delel, mint az időzóna közepén. A Hold kelését, delelését, nyugvását és fő fázisait is itt adjuk meg.

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.

A kalendárium használatát megkönnyíti a lapszélen található hónapsorszám.

Az Európai Parlament döntése értelmében várhatóan 2021-ben megszűnik az óraátállítás, az uniós tagországok 2021 folyamán dönthetnek a téli (közép-európai idő) vagy a nyári időszámítás folyamatos használata mellett. Évkönyvünk nyomdába küldésekor még nem lehet tudni, hogy hazánk melyik lehetőséget választja.

Az **eseménynaptárban** az időpontokat világidőben (UT) adtuk meg. A Föld napközel- és naptávol-időpontjai (perihélium és aphélium) perc pontosságúak, geocentrikusak, valamint fel van tüntetve a Föld távolsága is a Naptól CSE-ben. A nap-éj egyenlőségek és napfordulók időpontjai perc pontosságúak és geocentrikusak. A Hold librációinak időpontjai perc pontosságúak, geocentrikusak.

Korai/késői holdsarlók. A 36 óránál fiatalabb, illetve 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 földközel- és földtávol-időpontjai perc pontosságúak, valamint meg vannak adva a Hold távolságadatai a Föld középpontjától és a Hold látszó átmérői is ívmásodperc pontossággal.

A belső bolygók elongációinak időpontjai geocentrikusak és perc pontosságúak, az eseménynaptár tartalmazza az elongációk mértékét, a bolygók fényességét, átmérőjét és a fázisait ezekben az időpontokban. A külső bolygóknál az oppozíciós időpontok perc pontosságúak, járulékos adatként a bolygók látszó átmérőit, fényességüket, továbbá azt a csillagképet is megadtuk, ahol éppen tartózkodnak.

2021-ben négy fogyatkozás lesz látható a Földről, két napfogyatkozás és két holdfogyatkozás. Magyarországról csak a június 10-i gyűrűs napfogyatkozás lesz látható kismértékű részleges fogyatkozásként. A másodperc pontosságú időpontok geocentrikus kezdő és befejező kontaktus-időpontok.

A **Hold** látványosabb csillagfedéseit másodperc pontossággal adjuk meg, a számítások Budapest földrajzi koordinátáira (ϕ=47°30', λ=19°00') vonatkoznak, így az a és b együtthatók segítségével más magyarországi pozícióra is átszámíthatjuk az adatokat. A táblázatokban továbbá szerepel a fedendő csillag neve, fényessége, a holdfázis és a súroló fedés helye több magyarországi településre számítva.

A táblázatok oszlopai:

Dátum, UT – az esemény bekövetkeztének időpontja világidőben, Budapesten ϕ=47°30', λ=19°00' földrajzi pozícióban.

J – az esemény típusa,

D – eltűnés a Hold mögött,

R – előbukkanás a Hold mögül,

csillag – ZC katalógusbeli sorszáma,

m – a csillag fényessége,

fázis – a holdfázis (+ növekvő, - csökkenő),

h – a Hold és a Nap horizont feletti magassága,

CA – az esemény pozíciószöge a holdkorongon a terminátor északi (N) vagy déli (S) pólusától mérve (a negatív érték a világos oldalt jelöli),

PA – az esemény pozíciószöge a holdkorongon az éggömbi északi iránytól mérve,

Korr. – az esemény idejét átszámíthatjuk saját földrajzi helyzetünkre: a: nyugati irányban fokonként ennyi perccel korábban, keletre később következik be az esemény, b: észak felé pozitív érték esetén ennyivel később, negatív értéknél korábban következik be az esemény, déli irányban fordítva.

A Jupiter-holdak helyzetét és jelenségeit a megszokott elongációs ábrán, illetve táblázatosan közöljük. 2021 során számos kölcsönös Jupiter-hold-jelenség lesz észlelhető, amelyeket részletesen ismertetünk.

A Jupiter-holdaknál közölthöz hasonlóan mutatjuk be a legfényesebb Szaturnusz-holdak láthatósági ábráját.

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 meg is figyelhető.

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 idő-

szakra esik a megközelítés, akkor külön megadjuk a legkisebb szögtávolságot és annak időpontját.

A bolygók csillagfedései, illetve csillagmegközelítései 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.

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).

KALENDÁRIUM
2021

$\lambda = 19°$, $\varphi = 47{,}5°$

Kalendárium – január

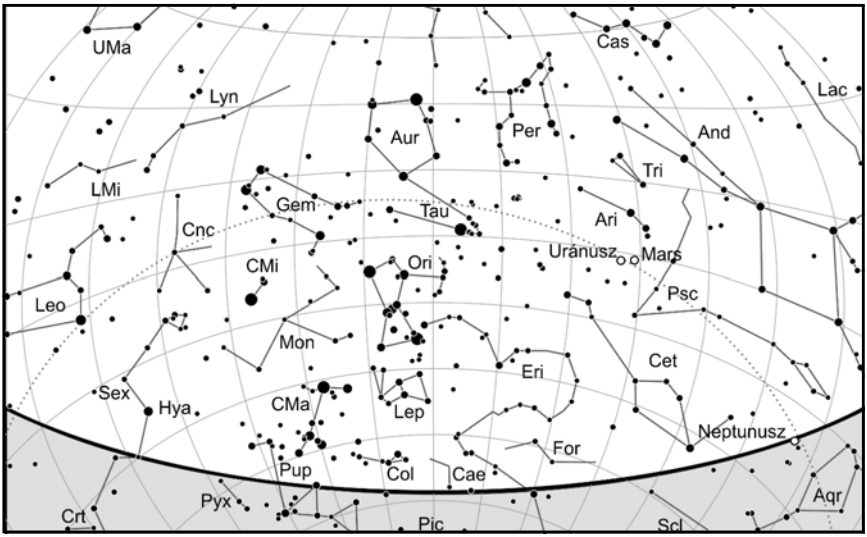
KÖZEI

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

A Julián-naptár szerinti újév napja: január 14.

Január

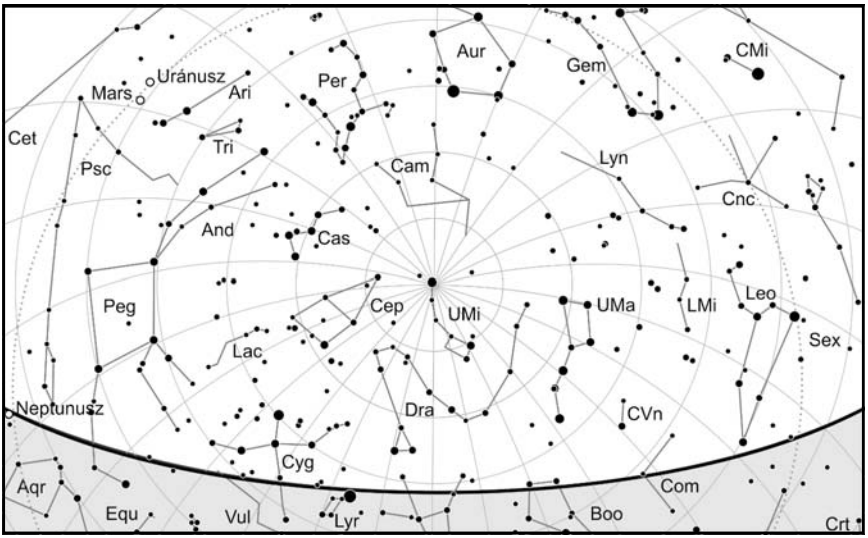
nap	Julián dátum 12^h UT	θ_{gr} 0^h UT h m s	névnapok
1.	2 459 216	6 43 28	*Újév*; Fruzsina, Aglája, Álmos
2.	2 459 217	6 47 25	Ábel, Ákos, Fanni, Gergely, Gergő, Stefánia
3.	2 459 218	6 51 22	Benjámin, Genovéva, Dzsenifer, Gyöngyvér, Hermina
1. hét			
4.	2 459 219	6 55 18	Leona, Títusz, Angéla, Angelika, Izabella
5.	2 459 220	6 59 15	Simon, Árpád, Ede, Emília, Gáspár
6.	2 459 221	7 03 11	Boldizsár, Gáspár, Menyhért
7.	2 459 222	7 07 08	Attila, Ramóna, Bálint, Melánia, Rajmund, Valentin
8.	2 459 223	7 11 04	Gyöngyvér, Virág
9.	2 459 224	7 15 01	Marcell
10.	2 459 225	7 18 57	Melánia, Vilma, Vilmos
2. hét			
11.	2 459 226	7 22 54	Ágota, Agáta
12.	2 459 227	7 26 51	Ernő, Erna, Ernesztina, Veronika
13.	2 459 228	7 30 47	Veronika, Csongor, Ivett, Judit, Vera
14.	2 459 229	7 34 44	Bódog
15.	2 459 230	7 38 40	Loránd, Lóránt, Alfréd, Pál, Sándor
16.	2 459 231	7 42 37	Gusztáv, Fanni, Henrik, Marcell, Ottó, Stefánia
17.	2 459 232	7 46 33	Antal, Antónia, Leonetta, Roxána
3. hét			
18.	2 459 233	7 50 30	Piroska, Aténé, Beatrix, Margit, Pál
19.	2 459 234	7 54 26	Sára, Mário, Margit, Márta, Sarolta, Veronika
20.	2 459 235	7 58 23	Fábián, Sebestyén, Szebasztián, Tímea
21.	2 459 236	8 02 20	Ágnes
22.	2 459 237	8 06 16	Vince, Artúr, Artemisz, Cintia, Dorián
23.	2 459 238	8 10 13	Zelma, Rajmund, Emese, János, Mária
24.	2 459 239	8 14 09	Timót, Erik, Erika, Ferenc, Vera, Veronika, Xénia
4. hét			
25.	2 459 240	8 18 06	Pál, Henriett, Henrietta, Henrik, Péter
26.	2 459 241	8 22 02	Vanda, Paula, Titanilla
27.	2 459 242	8 25 59	Angelika, Angéla, János
28.	2 459 243	8 29 55	Károly, Karola, Ágnes, Amália, Apollónia, Margit, Péter
29.	2 459 244	8 33 52	Adél, Etelka, Ferenc
30.	2 459 245	8 37 49	Martina, Gerda, Gellért
31.	2 459 246	8 41 45	Marcella, János, Lujza Péter



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

Bolygók

Merkúr: Január 5-e után már kereshető napnyugta után a délnyugati ég alján, ekkor bő fél órával a Napot követően nyugszik le. Láthatósága gyorsan javul, 24-én van legnagyobb keleti kitérésben, 18,6°-ra a Naptól. Ekkor közel egy és háromnegyed órával nyugszik a Nap után. Láthatósága a hónap végéig csak kissé romlik, így idén ez az első kedvező esti láthatósága.
Vénusz: Napkelte előtt látható a délkeleti égen, ragyogó fehér fényű égitestként. Láthatósága gyorsan romlik, a hónap elején még másfél órával kel a Nap előtt, ez az érték a hónap végére fél órára csökken. A hónap legvégén már belevész a napkelte fényébe. Fényessége -3,9^m, átmérője 10,7″-ről 10,1″-re csökken, fázisa 0,94-ról 0,98-ra nő.
Mars: Előretartó mozgást végez a Halak, majd 5-étől a Kos csillagképben. Az éjszaka első felében figyelhető meg a déli-délnyugati égen, éjfél után nyugszik. Fokozatosan halványodik, fényessége -0,3^m-ról 0,4^m-ra, látszó átmérője 10,4″-ről 7,9″-re csökken.
Jupiter: A Bak csillagképben végez előretartó mozgást. A hónap elején még kereshető napnyugta után a délnyugati ég alján, ezután elvész az esti szürkületben. 29-én együttállásban van a Nappal. Fényessége -1,9^m, átmérője 33″.
Szaturnusz: Előretartó mozgást végez a Bak csillagképben. 24-én együttállásban van a Nappal, annak közelsége miatt nem figyelhető meg. Fényessége 0,6^m, átmérője 15″.
Uránusz: Az éjszaka első felében figyelhető meg a Kos csillagképben, éjfél után nyugszik. Előbb hátráló, majd 14-étől előretartó mozgást végez.
Neptunusz: Az esti órákban figyelhető meg, előretartó mozgást végez a Vízöntő csillagképben. Késő este nyugszik.



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

Eseménynaptár (UT)

Dátum	Idő	Esemény
01.01	18:08	az (1) Ceres törpebolygó (9,3 magnitúdós) 7'-cel ÉNy-ra látható az NGC 7492 gömbhalmaztól (10,5 magnitúdós) a Vízöntő csillagképben
01.01	18:40	a 141P/Machholz üstökös 53'-cel délre látható a λ Aqr-tól (3,7 magnitúdós)
01.02	13:50	a Föld napközelben (0,98328 CSE-re, 147,093159 millió km-re)
01.02	17:32	a 88P/Howell üstökös 19'-cel délre látható a 45 Aqr-tól (6,0 magnitúdós)
01.02	20:36	a 85,6%-os, csökkenő fázisú holdkorong peremétől 8' 22"-re északra látható az η Leonis (3,5 magnitúdós)
01.03	14:05	a Hold maximális librációja (l = -4,73°, b = -6,60°, 79,5%-os, csökkenő holdfázis)
01.03	14:30	A Quadrantidák meteorraj maximuma (ZHR = 120)
01.04	18:50	a 141P/Machholz üstökös 52'-cel nyugatra látható a χ Aqr-tól (4,9 magnitúdós)
01.05	14:35	a (130) Elektra kisbolygó oppozícióban (11,3 magnitúdós, Egyszarvú csillagkép)
01.06	23:44	a (8) Flora kisbolygó (9,7 magnitúdós) 7'-cel DK-re látható a ξ^2 Cet-től (4,3 magnitúdós)
01.08	03:09	a Hold súrolva fedi a SAO 158686-ot a déli pereme mentén (7,5 magnitúdós, 30%-os, csökkenő holdfázis) a Mérleg csillagképben
01.09	15:28	a Hold földközelben (367 360 km, látszó átmérő: 32'31", 16,0%-os, csökkenő holdfázis)
01.09	15:52	a Merkúr és a Szaturnusz 1,8°-os közelsége az esti szürkületben a Bak csillagképben

Dátum	Idő	Esemény
01.10	00:09	a (10) Hygiea kisbolygó (10,4 magnitúdós) 13'-cel délre látható az o^1 Cnc-től (5,2 magnitúdós)
01.10	00:26	a (15) Eunomia kisbolygó (8,7 magnitúdós) 9'-cel északra látható a 25 Cnc-tól (6,1 magnitúdós)
01.10	05:29	a Hold minimális librációja (l = 1,45°, b = -0,98°, 11,3%-os, csökkenő holdfázis)
01.11	05:51	a Vénusz 7,4°-ra keletre látható a 4,9%-os, csökkenő fázisú Holdtól a hajnali szürkületben a Nyilas/Kígyótartó csillagképben
01.11	15:54	a Merkúr és a Jupiter 1,4°-os közelsége az esti szürkületben a Bak csillagképben
01.13	17:35	a 88P/Howell üstökös 3'-cel nyugatra látható a 70 Aqr-tól (6,2 magnitúdós)
01.14	15:58	a Merkúr 4,0°-ra ÉNy-ra látható a 2,6%-os, növekvő fázisú Holdtól az esti szürkületben a Bak csillagképben
01.15	04:34	a (6) Hebe kisbolygó (11,2 magnitúdós) 7'-cel nyugatra látható a 47 Oph-tól (6,2 magnitúdós)
01.16	02:18	a (130) Elektra kisbolygó (11,6 magnitúdós) 5'-cel keletre látható az NGC 2262 nyílthalmaztól (11,3 magnitúdós) a Bika csillagképben
01.16	15:26	a Hold maximális librációja (l = 5,23°, b = 6,65°, 13,3%-os, növekvő holdfázis)
01.18	04:27	a (10) Hygiea kisbolygó (10,2 magnitúdós) 45"-cel ÉNy-ra látható az 54 Cnc-től (6,4 magnitúdós)
01.19	02:53	az (52) Europa kisbolygó (10,5 magnitúdós) 28'-cel ÉNy-ra látható az IC 2162 diffúz ködtől (10,3 magnitúdós) az Orion csillagképben
01.19	17:09	a 39,1%-os, növekvő fázisú holdkorong peremétől 50"-re ÉNy-ra látható a 29 Ceti (6,4 magnitúdós)
01.19	19:09	a 39,9%-os, növekvő fázisú holdkorong peremétől 2' 54"-re ÉNy-ra látható a 33 Ceti (6,0 magnitúdós)
01.20	06:32	a (26) Proserpina kisbolygó oppozícióban (11,0 magnitúdós, Rák csillagkép)
01.20	08:56	a (109) Felicitas kisbolygó oppozícióban (11,4 magnitúdós, Rák csillagkép)
01.20	17:19	a (8) Flora kisbolygó (10,0 magnitúdós) 4'-cel DK-re látható a 85 Cet-től (6,3 magnitúdós)
01.20	18:40	a Mars és az Uránusz 1,6°-os közelsége a Kos csillagképben
01.21	13:10	a Hold földtávolban (404400 km, látszó átmérő: 29'32", 56,4%-os, növekvő holdfázis)
01.21	15:15	a (15) Eunomia kisbolygó oppozícióban (8,6 magnitúdós, Rák csillagkép)
01.22	15:14	a Mars eléri a legkisebb fázisát 88,5%-nál a Kos csillagképben
01.23	04:29	a (18) Melpomene kisbolygó (9,7 magnitúdós) 12'-cel délre látható a κ Cnc-től (5,2 magnitúdós)
01.23	11:04	a Hold minimális librációja (l = -2,14°, b = 2,00°, 73,6%-os, növekvő holdfázis)
01.23	21:03	a Hold súrolva fedi a SAO 93844-ot a déli pereme mentén (7,6 magnitúdós, 77%-os, növekvő holdfázis) a Bika csillagképben
01.24	01:57	a Merkúr legnagyobb keleti elongációja (18,6°, -0,6 magnitúdós, 6,9" átmérő, 56% fázis, Bak csillagkép)
01.24	07:18	a (14) Irene kisbolygó oppozícióban (9,2 magnitúdós, Rák csillagkép)
01.24	17:36	a 88P/Howell üstökös 27'-cel ÉNy-ra látható a ξ Aqr-tól (4,9 magnitúdós)
01.25	00:44	a 85,7%-os, növekvő fázisú holdkorong peremétől 7' 23"-re délre látható a 108 Tauri (6,3 magnitúdós)
01.25	07:50	a Merkúr dichotómiája (18,5°-os keleti elongáció, 7,2" látszó átmérő)

Dátum	Idő	Esemény
01.26	01:35	a 92,1%-os, növekvő fázisú holdkorong peremétől 2' 35"-re északra látható az 5 Geminorum (5,8 magnitúdós)
01.26	22:40	a 96,2%-os, növekvő fázisú holdkorong peremétől 1' 2"-re délre látható az ω Geminorum (5,2 magnitúdós)
01.27	23:06	a (4) Vesta kisbolygó (6,7 magnitúdós) 20'-cel nyugatra látható az NGC 3810 galaxistól (10,5 magnitúdós) az Oroszlán csillagképben
01.28	02:20	a 99,4%-os, növekvő fázisú holdkorong peremétől 8' 54"-re délre látható a 9 Cancri (6,0 magnitúdós)
01.28	18:20	a (10) Hygiea kisbolygó oppozícióban (10,0 magnitúdós, Rák csillagkép)
01.29	13:48	a (21) Lutetia kisbolygó oppozícióban (11,3 magnitúdós, Rák csillagkép)
01.29	23:28	a (29) Amphitrite kisbolygó (9,7 magnitúdós) 2'-cel délre látható az M105 galaxistól (NGC 3379, 9,8 magnitúdós) az Oroszlán csillagképben
01.30	08:52	a Hold maximális librációja (l = -4,46°, b = -6,31°, 96,9%-os, csökkenő holdfázis)
01.30	20:23	a 141P/Machholz üstökös 5'-cel délre látható a 81 Cet-től (5,7 magnitúdós)
01.31	17:33	a (11) Parthenope kisbolygó (11,4 magnitúdós) 7'-cel keletre látható a 64 Cet-től (5,6 magnitúdós)

Protuberanciák észlelése

A protuberanciák talán a leglátványosabb jelenségek közé tartoznak a Napon, amelyeket amatőr műszerekkel is megfigyelhetünk. A kromoszférában, a korong szélén láthatóak, általában hídszerű, vagy lángnyelv alakú képződmények. Anyagban rendkívül szegények, sűrűségük a füstfelhőnél is kisebb. Olykor megfigyelhetjük őket a korongon belül is, ilyenkor merőlegesen látunk rájuk, és hosszúkás, vékony sötét felhőszerű képződményként vannak jelen. A jelenséget ilyenkor filamenteknek nevezik. Egy átlagos filament, illetve protuberancia magassága 30 ezer km-től akár 100 ezer km-ig terjedhet, hosszúsága akár több százezer km is lehet, szélessége azonban mindössze 5000 km körül van.

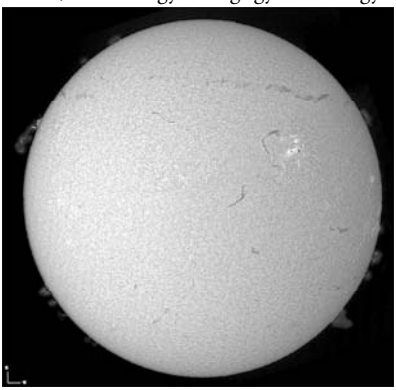
Legtöbbször aktív területek és foltcsoportok környékén jönnek létre, de olykor ezektől elkülönülve is megfigyelhetjük őket. A foltcsoportokhoz hasonlóan aktívabb időszakban, a napfoltmaximumhoz közeledve ezekből is nagyobb számban figyelhetünk meg, azonban minimum idején is érdemes fürkészni a kromoszférát, ugyanis protuberanciák ilyenkor is nagyobb számban vannak jelen, mint foltcsoportok, így a teljesen inaktív időszakokban is akad látnivaló központi csillagunkon.

A protuberanciák és filamentek általában viszonylag nyugodt alakzatok, és előfordulhat, hogy akár napokon át is alig változnak, azonban bőven akad közöttük egészen látványos, percek, vagy néhány óra alatt is jelentősen változó célpont.

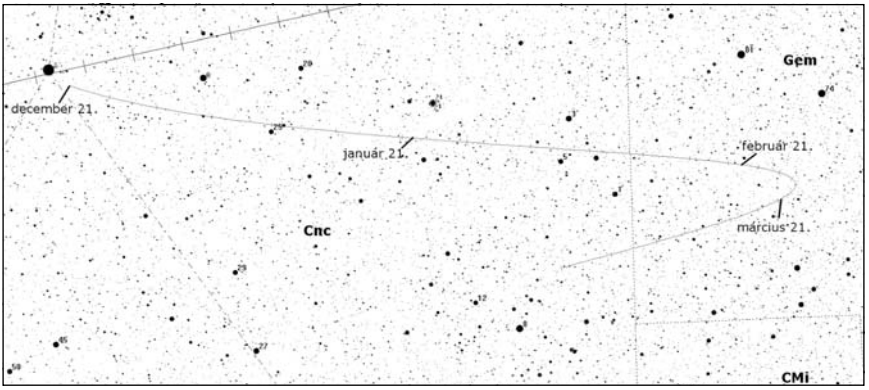
Egy kifejezetten erre a célra készült hidrogén-alfa távcsővel, vagy (akár lencsés, akár tükrös) távcsövünkre szerelt napmegfigyeléshez készült keskeny sávú hidrogén-alfa szűrővel könnyen megfigyelhetjük ezeket a jelenségeket a kromoszférában. (Fontos, hogy a mélyég-megfigyelésekhez készült hidrogén-alfa szűrők a Nap megfigyelésére nem alkalmasak, ezek a szűrők sokkal szélesebb hullámhossztartományban engedik át a fényt!) A távcsőben a protuberanciákat és

a Nap korongját vörösnek látjuk, rajta a foltokat és filamenteket pedig egészen sötétnek, néha feketének. A valóságban a protuberanciák a filamentekkel azonos fényességűek, de a protuberanciákat sötét háttér előtt figyeljük meg, így fényesnek látszanak.

Akár vizuálisan, akár fotografikusan észlelünk, érdemes időt szánni egy-egy nagyobb méretű, vagy érdekesebb formájú protuberancia megfigyelésére, és néhány percenként feljegyezni (lerajzolni, lefotózni) a látottakat. Az így készült megfigyeléseket egymás mellé téve gyakran jól látható a változás: az anyag mozgása, távolodása, majd visszaesése a protuberanciában, fotografikus észlelés esetén akár látványos animációkat is készíthetünk. Olykor-olykor fotografikus eszközökkel, vagy vizuálisan kitartóan figyelve nyomon követhetünk egy-egy úgynevezett „robbanó", vagy eruptív protuberanciát is, ilyenkor néhány másodperc alatt láthatunk egy-egy elpukkanó, vagy kirobbanó, aprónak látszó anyagfelhőt a korong szélén. A protuberanciákon keresztül saját szemünkkel figyelhetjük meg a Nap változó jelenségeit és azokat a mágneses hatásokat, amelyek a Nap látványos jelenségeit „hajtják". Bár a protuberanciákat méretük és formájuk alapján a napfoltokhoz hasonlóan osztályozzák, nem létezik két egyforma protuberancia, minden egyes megfigyelésünk egyedi és megismételhetetlen.



Bánfalvy Zoltán felvétele 80 mm-es Lunt-naptávcsővel készült, 2016. május 26-án



A (15) Eunomia kisbolygó (oppozíció: január 10.) keresőtérképe

A Hold csillagfedései Budapesten

A táblázat oszlopai:

Dátum, UT – az esemény időpontja világidőben, Budapesten +47,5°–19,0° földrajzi koordinátákra

J – az esemény típusa D – eltűnés a Hold mögött, R – előbukkanás a Hold mögül

csillag – a csillag ZC katalógusszáma

m – a csillag fényessége

fázis – a holdfázis, pozitív: növekvő, negatív: csökkenő

Nap h – a Nap horizont feletti magassága, negatív ha a horizont alatt van. Ha nincs érték, akkor 12°-nál mélyebben van

Hold h – a Hold horizont feletti magassága

CA – az esemény pozíciószöge a holdkorongon a terminátor északi (N) vagy déli (S) pólusától. Negatív érték a világos oldalt jelöli

PA – az esemény pozíciószöge a holdkorongon az éggömbi északi iránytól mérve

Korrekció – az esemény idejét átszámíthatjuk saját földrajzi helyzetünkre: a – nyugati irányban fokonként ennyi perccel korábban, keletre pedig később következik be az esemény. b – észak felé pozitív érték esetén ennyivel később, negatív értéknél pedig korábban következik be az esemény. Déli irányban fordítva.

A Hold csillagfedései

dátum		UT			J	csillag	No	Hold	Nap	Hold	pozíció		korrekció	
hó	nap	h	m	s			m_v	fázis	h	h	CA	PA	a	b
01	2	5	20	16,6	r	98567	7,5	90-	-11	34	84N	290	+0,5	-1,7
01	3	5	47	28,5	R	1514	6,2	83-	-7	35	45N	332	+0,2	-2,4
01	3	21	7	53,5	r	1598	6,5	76-		12	73N	307	+0,2	+0,4
01	5	0	16	23,4	r	1725	7,6	65-		29	43S	245	+1,3	+3,0
01	6	2	58	50,8	r	1848	7,7	53-		37	82N	300	+1,2	-0,2
01	8	2	33	31,0	R	2088	6,2	30-		13	55N	324	+0,3	-0,2
01	9	3	35	32,1	r	159355	8,2	20-		10	88N	286	+0,7	+0,9
01	15	17	16	4,5	d	164816	8,0	7+		4	16N	5	-0,6	+1,9
01	15	17	17	55,2	D	3227	6,3	7+		4	47S	122	+1,4	-3,2
01	16	15	17	9,9	D	3349	4,1	13+	0	26	64N	48	+1,1	+0,3
01	16	16	29	58,6	R	3349	4,1	13+	-11	19	-85S	249	+1,0	-0,6
01	16	17	27	48,3	d	165354	8,1	13+		13	60N	44	+0,4	+0,0
01	17	15	49	6,5	d	3484	6,9	21+	-5	32	79N	60	+1,4	+0,2
01	18	16	3	30,7	d	128739	7,4	29+	-7	38	84N	63	+1,5	+0,4
01	18	20	12	52,3	d	60	6,9	30+		9	28S	131	+1,0	-5,5
01	19	19	37	30,8	D	178	6,6	39+		25	64N	42	+0,7	+0,3
01	21	22	13	21,7	D	404	5,2	59+		21	70N	52	+0,6	-0,3
01	22	17	56	8,2	d	93425	7,9	67+		59	75S	89	+2,1	+0,1
01	22	23	6	8,6	d	93484	7,0	69+		23	88N	74	+0,5	-1,0
01	23	17	22	58,0	d	93814	7,8	76+		58	51N	40	+1,0	+2,4
01	23	20	6	51,6	d	93840	7,2	76+		58	71S	98	+1,9	-1,1
01	23	21	46	59,6	d	93863	7,9	77+		45	85N	74	+1,3	-0,7

dátum		UT			J	csillag No		Hold	Nap	Hold	pozíció		korrekció	
hó	nap	h	m	s			m_v	fázis	h	h	CA	PA	a	b
01	24	19	2	57,3	d	76962	7,1	84+		64	51N	45	+1,4	+2,2
01	26	0	13	27,8	d	78051	7,6	91+		41	75N	77	+1,0	-1,0
01	26	3	15	35,2	d	954	6,1	92+		11	71S	112	-0,4	-1,6
01	26	17	43	53,4	d	1052	6,8	96+		42	45S	144	+1,9	-1,3
01	26	18	49	11,9	d	1058	6,8	96+		53	47N	56	+1,0	+2,4
01	27	0	53	59,3	d	1080	6,7	96+		43	52S	139	+0,3	-2,8
01	27	3	9	58,9	D	1092	5,9	97+		21	88N	100	+0,0	-1,5
01	27	19	36	30,5	d	1195	6,8	99+		51	60N	84	+1,2	+1,3
01	27	22	34	3,9	d	1208	6,4	99+		66	33N	59	+2,1	+1,5
01	30	22	2	5,1	r	1569	6,9	94-		41	87S	281	+1,2	+0,8

A Nagy Magellán-felhő

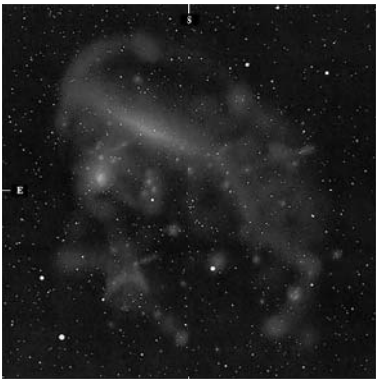
A Nagy Magellán-felhő (Large Magellanic Cloud, LMC) Tejútrendszerünk legnagyobb és legfényesebb kísérőgalaxisa, amely a déli féltekéről szabad szemmel is kiválóan megfigyelhető. A mintegy 160 ezer fényévre lévő csillagváros a második vagy a harmadik legközelebbi galaxis a Sagittarius törpegalaxis és a feltételezett Canis Maior törpegalaxis után. A legalább 15 ezer fényév átmérőjű galaxis az égbolton kb. 10° kiterjedésű területet foglal el, de egyes felvételeken 15°×13° a kiterjedése. A ránézésre irregulárisnak tűnő, furcsán szögletes alakú objektum voltaképpen a spirálgalaxisok egy, róla elnevezett alosztályába tartozik. Központi tömegét egy vaskos, fényes küllő alkotja, amelyből egyetlen, rosszul fejlett spirálkar indul ki, a küllő ellenpólusánál csak szétszórt csillagkeletkezési területek, ívek és csillagáramok találhatóak. Jellegzetességei alapján törpe küllős spirálgalaxisként katalogizálják, a hasonló megjelenésű galaxisokat Magellán-típusú törpe küllős spirálként szokták osztályozni (pl. az NGC 4449 a Canes Venaticiben).

A déli kontinensek őslakói által régóta ismert fényfolt első írott említése Abd-el Rahman Al-Sufi „Állócsillagok és csillagképek könyve" című, 964-ben megjelent művében található. A következő feljegyzések a 16. század elejéről származnak: az 1503–4-ben az Újvilágba hajózó Amerigo Vespucci egy levelében két fényes és egy sötét felhőt említ (a két galaxist és a Szeneszsákot), majd Ferdinand Magellán figyelte meg őket 1519–21-es útja során. Magellán írásai nyomán vált az európai kultúrában közismertté a két felhő, ma pedig az ő nevét is viselik.

A Dorado (Aranyhal) és a Mensa (Táblahegy) csillagképek határán látszó Nagy Magellán-felhőről Kernya János Gábor készített tömör és érzékletes leírást namíbiai útja során: „Ez a szomszédos törpe csillagsziget szabad szemmel is nagyszerűen tanulmányozható: központi küllője, spirális szerkezetének egy része, valamint leglátványosabb csillagkeletkezési területe (Tarantula-köd, NGC 2070, 30 Doradus) egyaránt megpillantható optikai segédeszköz nélkül. A 120/600-as refraktort (15×) irányába fordítva aztán bekövetkezik a katarzis: egy „külön Univerzum" tárul a megfigyelő szeme elé, mivel a halmazok, ködök, asszociációk rengetegében szó szerint el lehet tévedni."

A Nagy Magellán-felhő a namíbiai szavanna felett, meteornyommal (lent, középen a Kis Magellán-felhő is látható a felhők között). Borovszky Péter felvétele (Sigma 35 mm objektív, f/1,4, Canon EOS 5D Mark II, 3 perc ISO 1600)

Panik Zoltán fotója a Nagy Magellán-felhőről (Canon EF 100 teleobjektív, f/2,8, Canon EOS 550D, 25×180 s, ISO 1600)



Kernya János Gábor rajza a Nagy Magellán-felhőről (12 L, 15×, előre nyomtatott háttérre készült, Namíbia, Isabis farm)

Az LMC anyaga egy korongban összpontosul, és nemszferoidális eloszlású. A mintegy tízmilliárd naptömegű galaxis anyagának java része a jól fejlett, tömör, vaskos küllőben található, ahonnan fényének jó része is származik. A mérések alapján a küllő ívesen meghajlik a Tejútrend-

szer gravitációs tere hatására, ezért két vége közelebb van hozzánk, mint a közepe. Binokulárokkal ez a terület egy fényes, hosszúkás, inhomogén foltnak tűnik. A korong nagyjából 35 fokkal hajlik a látóirányunkhoz. Távolságát több független módszerrel is meghatározták, eszerint 50 kiloparszekre (163 000 fényévre) van tőlünk, ennek az értéknek a hibája mindössze 2%.

Az LMC porban és gázban igen gazdag, és Tejútrendszerünk gravitációs tere erősen hat rá, így igen intenzív csillagkeletkezés zajlik benne, tulajdonképp csillagontó galaxisnak nevezhetjük. Rendkívül magas aktivitását jelzi a hatalmas Tarantula-köd (NGC 2070), amely a Lokális halmaz egyik legnagyobb tömegű és méretű csillagkeletkezési régiója. A szabad szemmel 3 magnitúdós, csillagszerű 30 Doradus távcsőben szemlélve lenyűgözően szép, szálas szerkezetű ködösséggé változik.

Az LMC számos HII-régiót, közel 700 nyílthalmazt, nagyjából 60 gömbhalmazt és több százezer óriáscsillagot tartalmaz. A galaxist egy hatalmas, semleges gázból álló haló (korona) veszi körül, és egy ugyancsak gázból álló árapálycsóva köti össze a Kis Magellán-felhővel, valamint a Tejútrendszerrel is.

A 30 Doradushoz közel robbant 1987. február 23-án az SN 1987A szupernóva, amely Kepler szupernóvája (1604) óta az első, szabad szemmel is látható ilyen esemény volt. Az SN 1987A 3 magnitúdós csúcsfényességet ért el, és egy nagy tömegű csillag (a Sanduleak 69 202 elfejlődött kék szuperóriás) magjának összeroppanása okozta.

A galaxis észlelése – közelsége folytán – kicsit olyan, mintha saját Tejútrendszerünkben vizsgálódnánk, hiszen egy 15° átmérőjű körön belül kb. 50-60 önálló mélyég-objektum válik láthatóvá. Szabad szemmel 0-1 magnitúdó összfényességű, foltszerű képződmény, távcsővel ugyanakkor tényleg egy küllős spirálgalaxis látványát idézi. Binokulárral a küllő, a Tarantula-köd, a spirálkar és számtalan elkülönülő folt, ív és fátyolszerű kinyúlás azonosítható. 10-15 cm-es távcsövekkel, közepes nagyítással a kisebb-nagyobb foltok grízes nyílt- és gömbhalmazokká, emissziós ködökké, valamint egyedi óriáscsillagok csoportjaivá bomlanak. A Tarantula-köd belsejében kontrasztos, finom szálak láthatóak. A galaxist 11–12 magnitúdós gömbhalmazok halója veszi körül. A Nagy Magellán-felhő észlelésével, tanulmányozásával sok-sok éjszakát lehet eltölteni.

Kiss Péter rajza a Tarantula-ködről (40 T, 180×, 25′, Namíbia, Hakos-asztrofarm)

A 29P/Schwassmann–Wachmann-üstökös

A 14 év keringési periódusú üstököst 1927. november 15-én fedezte fel Arnold Schwassmann és Arno Arthur Wachmann a Hamburg-Bergedorfi Obszervatóriumból. Felfedezésekor egy 13 magnitúdós foltként jelent meg a fotólemezeken, később azonosították korábbi, például 1902. márciusi felvételeken is. A kométa különlegessége, hogy az átlagosan 16 magnitúdós fényessége mellett időről időre jelentős kitöréseket mutat, amelyek révén 1-5 magnitúdóval fényesedik fel. Fényessége így 18 és 10 magnitúdó között változik, ami körülbelül 1800-szoros fényváltozásnak felel meg. A kitörések gyorsan zajlanak le, a maximumfényességet a kométa alig 2 óra alatt éri el, ami kriovulkanikus eredetre utal. Egyes megfigyelések szerint az elmúlt évtizedekben a kitörések gyakoribbá és periodikussá váltak, az 57 nap körüli ciklikusság a mag igen lassú tengelyforgására utalhat. Az üstökös a kentaurok csoportjába tartozik, melynek mintegy 500 tagja ismeretes. Ezek az égitestek a Jupiter és a Neptunusz pályája között keringenek, a modellek szerint a Kuiper-övből vándoroltak a Naprendszer belsőbb vidékei felé gravitációs árapályhatások révén. A Jupiter további pályaháborgató hatása révén az üstökös a számítások szerint még közelebbi pályára fog állni a Nap körül az elkövetkező 2000 év során. A mag átmérőjét mintegy 53-68 km-esre becsülik. A legutóbbi modellek szerint a periodikusan jelentkező kitörések a mag legalább négy aktív régiójából származnak, amelyek aktivitása folyamatosan változik az idők során. Kiszámíthatatlansága és viszonylag gyakori kitörései miatt kiváló célpont fotografikus megfigyelésre, célszerű minden adandó alkalommal megfigyelni.

dátum	RA	Dec	Δ	r	fényesség
01.01	02h 14'33.7"	+24°23'41"	5.312	5.847	15.3
01.11	02h 15'00.6"	+24°07'20"	5.461	5.849	15.4
01.21	02h 16'40.2"	+23°56'46"	5.618	5.852	15.4
01.31	02h 19'28.2"	+23°52'10"	5.780	5.854	15.5
02.10	02h 23'19.1"	+23°53'20"	5.942	5.856	15.5
02.20	02h 28'07.1"	+23°59'56"	6.099	5.859	15.6
03.02	02h 33'45.2"	+24°11'21"	6.249	5.861	15.7
03.12	02h 40'07.1"	+24°26'56"	6.388	5.864	15.7
03.22	02h 47'06.7"	+24°46'01"	6.513	5.866	15.8
04.01	02h 54'37.7"	+25°07'54"	6.622	5.869	15.8
04.11	03h 02'34.6"	+25°31'54"	6.714	5.871	15.8
04.21	03h 10'52.1"	+25°57'27"	6.787	5.874	15.8
05.01	03h 19'24.8"	+26°23'56"	6.839	5.876	15.9
05.11	03h 28'08.0"	+26°50'55"	6.871	5.879	15.9
05.21	03h 36'56.7"	+27°17'58"	6.882	5.881	15.9
05.31	03h 45'45.6"	+27°44'42"	6.872	5.884	15.9
06.10	03h 54'30.4"	+28°10'52"	6.842	5.887	15.9
06.20	04h 03'05.4"	+28°36'14"	6.791	5.889	15.9
06.30	04h 11'25.3"	+29°00'39"	6.721	5.892	15.8
07.10	04h 19'24.7"	+29°24'01"	6.634	5.895	15.8
07.20	04h 26'57.2"	+29°46'16"	6.529	5.897	15.8
07.30	04h 33'56.4"	+30°07'24"	6.410	5.900	15.7
08.09	04h 40'15.8"	+30°27'26"	6.278	5.903	15.7

dátum	RA	Dec	Δ	r	fényesség
08.19	04h 45'47.7"	+30°46'22"	6.136	5.906	15.7
08.29	04h 50'25.0"	+31°04'11"	5.987	5.908	15.6
09.08	04h 54'00.6"	+31°20'48"	5.834	5.911	15.5
09.18	04h 56'27.0"	+31°36'03"	5.680	5.914	15.5
09.28	04h 57'39.1"	+31°49'38"	5.531	5.917	15.4
10.08	04h 57'32.7"	+32°01'06"	5.390	5.920	15.4
10.18	04h 56'06.8"	+32°09'48"	5.262	5.923	15.3
10.28	04h 53'25.2"	+32°15'05"	5.152	5.925	15.3
11.07	04h 49'35.5"	+32°16'10"	5.063	5.928	15.3
11.17	04h 44'51.9"	+32°12'28"	5.001	5.931	15.2
11.27	04h 39'33.5"	+32°03'45"	4.968	5.934	15.2
12.07	04h 34'02.2"	+31°50'11"	4.965	5.937	15.2
12.17	04h 28'42.6"	+31°32'31"	4.994	5.940	15.2
12.27	04h 23'57.1"	+31°11'56"	5.052	5.943	15.3

Évforduló

250 éve halt meg Birger Wassenius

Birger Wassenius svéd csillagász 1687. szeptember 26-án született Mankärrben. Az Uppsalai Egyetemen tanult matematikát, fizikát és csillagászatot. A tanulás mellett tanított is, hogy anyagi helyzete elviselhető legyen. 1712-ben végzett jó eredménnyel. 1717-ben ugyanott megvédett egy disszertációt a Vénusz bolygóról Petrus Elvius (1660–1718) vezetése alatt (*Dissertatio Mathematica De Planeta Venere*, Uppsala, 1717). Egy másik értekezése a viharok okairól szólt (*Dissertatio physica de caussis tempestatum*, Stockholm, 1722).

Wassenius legjelentősebb csillagászati eredménye a protuberanciák megfigyelése és leírása volt. Ezeket az 1733. május 13-i napfogyatkozás alatt vette észre, még abban az évben beszámolt róluk (Observatio Eclipsis Solis Totalis Cum Mora Facta Gothoburgi Sveciæ, Sub Elev. Poli 57° 40' 54" d. 2 Maij, Stylo Jul. An. 1733, á Dom. Birgero Vassenio, Lectore Mathem. in Gymnatio Regio Gothoburg, *Philosophical Transactions* 38, 134–135, 1733). Ezt a megfigyelést hosszasan idézték a csillagászati irodalomban. Másik jelentős eredményeként ugyanezen fogyatkozás alatt felfigyelt a Föld Holdról visszaverődő fényére.

Éveken keresztül adott ki kalendáriumokat (például *Almanach på åhret efter Jesu Christi nåderika födelse 1745*, Skara, 1744). 1735 és 1751 között a göteborgi gimnáziumban tanított, majd visszavonult Mankärrbe, ott halt meg 1771. január 11-én.

Wassenius 1727. évi almanachjának részlete.
(Vänerborgs Museum, Fotó: Anna Panser, CC-BY)

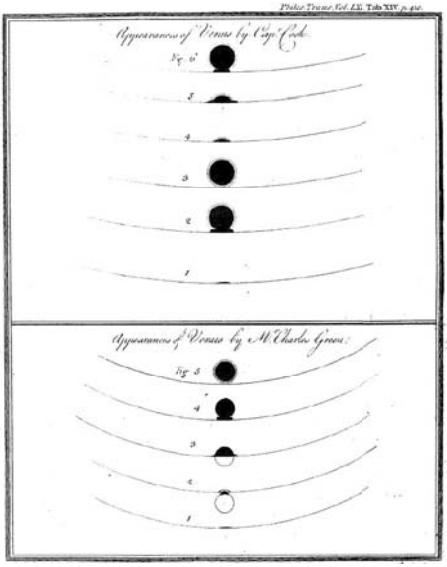
250 éve halt meg Charles Green

Charles Green 1734. december 26-án született az angliai Wentworthban. Apja tehetős gazdálkodó volt Yorkshire-ben. Londonban tanult, többek között csillagászatot. 1760-ban a Royal Greenwich Observatory alkalmazta az akkori Királyi Csillagász, James Bradley (1693–1762) segédjeként. Az 1761. évi Vénusz-átvonulást már együtt észlelték Greenwichből. Green részt vett James Cook (1728–1779) expedíciójában is, és az 1769-es átvonulást is megfigyelte Tahitiban. Erről az útról azonban nem tért haza, a tengeri út során 1771. január 29-én meghalt.

Green több Királyi Csillagász mellett dolgozott. Bradley 1762-ben meghalt, utódjának, Nathaniel Blissnek (1700–1764) pedig gyenge volt az egészsége. Így Greenre hárultak az észlelési és redukálási feladatok. 1763-ban részt vett Nevil Maskelyne (1732–1811) Barbadosra vezetett utazásában, melynek során John Harrison (1693–1776) órájának pontosságát ellenőrizték. Mivel 1764-ben Bliss is meghalt, Green látta el egy ideig az obszervatórium vezetőjének feladatait. 1765-ben Maskelyne lett a következő Királyi Csillagász, és mivel Green nem volt vele jóban, elhagyta a csillagdát, és csatlakozott a haditengerészethez.

Green képzett és gyakorlott csillagász volt, így minden nézeteltérésük ellenére Maskelyne őt javasolta a Vénusz-átvonulás megfigyelésére indított expedícióba. Cook kapitány is elégedett volt Green munkájával, Ausztrália mellett egy kis szigetet el is nevezett róla (Green Island). Az eredmények egy részét még 1771-ben egy közös cikkben publikálta Green és Cook (Observations Made, by Appointment of the Royal Society, at King George's Island in the South Sea; By Mr. Charles Green, Formerly Assistant at the Royal Observatory at Greenwich, and Lieut. James Cook, of His Majesty's Ship the Endeavour, *Philosophical Transactions* 61, 397–421, 1771).

Róla nevezték el a (15969) Charlesgreen kisbolygót.

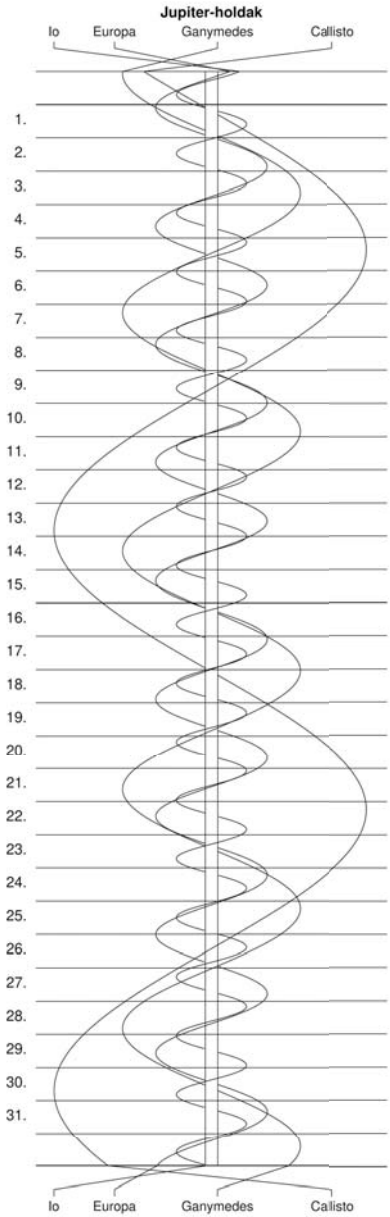


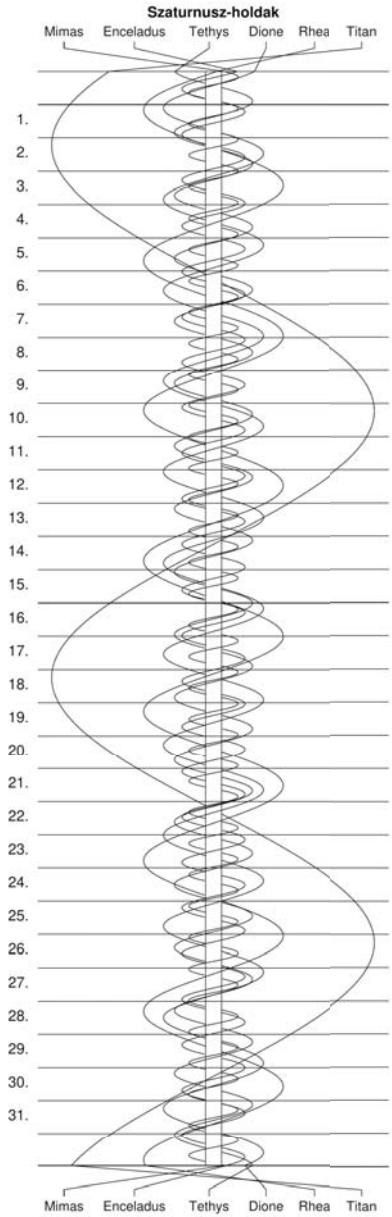
Az 1769-es Vénusz-átvonulást megfigyelő Charles Green a feketecsepp-jelenséget is megörökítette a rajzán. Az ábrát a Philosophical Transactions of the Royal Society folyóiratban közölte.
Forrás: Wikipédia.

Jupiter-holdak

nap	UT h:m	hold	jelenség
3	16:33.6	Europa	ek

f = fogyatkozás: a hold a Jupiter árnyékában
á = átvonulás: a hold árnyéka a Jupiteren
e = előtte: a hold a Jupiter korongja előtt
m = mögötte: a hold a Jupiter korongja mögött
k = a jelenség kezdete
v = a jelenség vége


Jupiter-holdak
Io
Europa
Ganymedes
Callisto
1.
2.
3.
4.
5.
6.
7.
8.
9.
10.
11.
12.
13.
14.
15.
16.
17.
18.
19.
20.
21.
22.
23.
24.
25.
26.
27.
28.
29.
30.
31.
Io
Europa
Ganymedes
Callisto


Szaturnusz-holdak
Mimas
Enceladus
Tethys
Dione
Rhea
Titan
1.
2.
3.
4.
5.
6.
7.
8.
9.
10.
11.
12.
13.
14.
15.
16.
17.
18.
19.
20.
21.
22.
23.
24.
25.
26.
27.
28.
29.
30.
31.
Mimas
Enceladus
Tethys
Dione
Rhea
Titan

λ = 19°, φ = 47,5°

Kalendárium – február

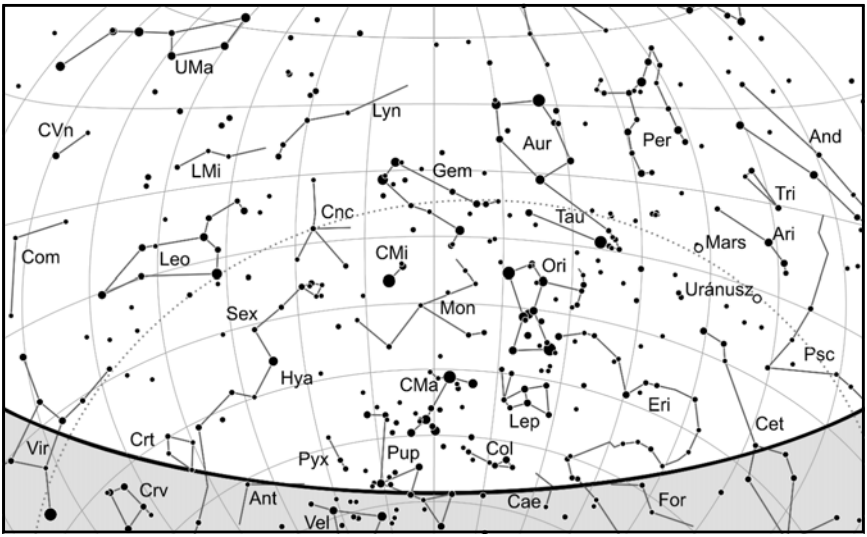
KÖZEI

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

Február

nap	Julián dátum 12^h UT	θ_{gr} 0^h UT h m s	névnapok
5. hét			
1.	2 459 247	8 45 42	Ignác, Brigitta, Kincső
2.	2 459 248	8 49 38	Karolina, Aida, Johanna, Mária
3.	2 459 249	8 53 35	Balázs, Oszkár
4.	2 459 250	8 57 31	Ráhel, Csenge, András, Andrea, Róbert, Veronika
5.	2 459 251	9 01 28	Ágota, Ingrid, Agáta, Alida, Etelka, Kolos
6.	2 459 252	9 05 24	Dorottya, Dóra, Amanda, Dorina, Dorka, Réka
7.	2 459 253	9 09 21	Tódor, Rómeó, Richárd
6. hét			
8.	2 459 254	9 13 18	Aranka, János, Zsaklin
9.	2 459 255	9 17 14	Abigél, Alex, Apollónia, Erik, Erika
10.	2 459 256	9 21 11	Elvira, Ella, Pál, Vilmos
11.	2 459 257	9 25 07	Bertold, Marietta, Dezső, Elek, Mária, Titanilla
12.	2 459 258	9 29 04	Lívia, Lídia, Lilla
13.	2 459 259	9 33 00	Ella, Linda, Gergely, Gergő, Katalin, Leila, Levente
14.	2 459 260	9 36 57	Bálint, Valentin
7. hét			
15.	2 459 261	9 40 53	Kolos, Georgina, Alfréd, Gina, Györgyi
16.	2 459 262	9 44 50	Julianna, Lilla, Dániel, Illés, Sámuel
17.	2 459 263	9 48 47	Donát, Alex, Elek
18.	2 459 264	9 52 43	Bernadett, Simon
19.	2 459 265	9 56 40	Zsuzsanna, Eliza, Elizabet
20.	2 459 266	10 00 36	Aladár, Álmos, Elemér, Leona
21.	2 459 267	10 04 33	Eleonóra, György, Leona, Leonóra, Nóra, Péter
8. hét			
22.	2 459 268	10 08 29	Gerzson, Gréta, Margit, Pál, Péter
23.	2 459 269	10 12 26	Alfréd, Ottó, Péter
24.	2 459 270	10 16 22	Mátyás, Darinka, Hedvig, János
25.	2 459 271	10 20 19	Géza, Vanda
26.	2 459 272	10 24 16	Edina, Alexander, Géza, Győző, Izabella, Sándor, Viktor
27.	2 459 273	10 28 12	Ákos, Bátor, Antigoné, Gábor, László
28.	2 459 274	10 32 09	Elemér, Antónia

A kínai naptár szerinti újév napja: február 12.



A déli égbolt február 15-én 20:00-kor (UT)

Bolygók

Merkúr: Elsején még egy és negyed órával nyugszik a Nap után, de láthatósága gyorsan romlik, 6-a után elvész az alkonyati fényben. 8-án már alsó együttállásban van a Nappal. Hamarosan megjelenik a hajnali égen, 11-én már bő fél órával kel a Nap előtt, a délkeleti ég alján kereshető. Láthatósága gyorsan javul, 20-ától a hónap végéig már egy órával kel a Nap előtt.

Vénusz: A hónap folyamán a Nap közelsége miatt nem figyelhető meg. Habár a hónap első felében még viszonylag távol (12–9°-ra) jár a Naptól, de mivel az ekliptikától délre tartózkodik, szinte egyszerre kel a Nappal. Fényessége -3,9^{m}, átmérője 10,1″-ről 9,8′-re csökken, fázisa 0,98-ról 0,99-ra nő.

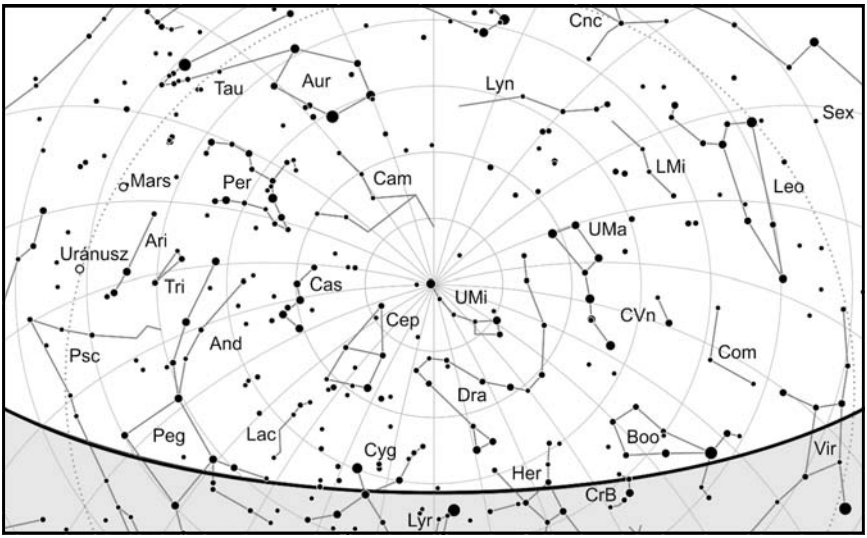
Mars: Előretartó mozgást végez a Kos, majd 24-étől a Bika csillagképben. Éjfél után nyugszik, az éjszaka első felében figyelhető meg. Tovább halványodik, fényessége 0,4^{m}-ról 0,9^{m}-ra, látszó átmérője 7,9″-ről 6,4″-re csökken.

Jupiter: Előretartó mozgást végez a Bak csillagképben. A hónap legnagyobb részében a Nap közelsége miatt nem figyelhető meg. Február végén már lehet keresni napkelte előtt a délkeleti látóhatár közelében. Fényessége -2,0^{m}, átmérője 33″.

Szaturnusz: Előretartó mozgást végez a Bak csillagképben. A hónap végén kereshető napkelte előtt, alacsonyan, a délkeleti égen. Fényessége 0,7^{m}, átmérője 15″.

Uránusz: Sötétedés után kereshető a Kos csillagképben a nyugati égen. Folytatja előretartó mozgását. Késő éjszaka nyugszik.

Neptunusz: Előretartó mozgást végez a Vízöntő csillagképben. A hónap elején még kereshető az esti szürkületben.



Az északi égbolt február 15-én 20:00-kor (UT)

Eseménynaptár (UT)

Dátum	Idő	Esemény
02.01	21:48	a (11) Parthenope kisbolygó (11,5 magnitúdós) 7'-cel délre látható a ξ¹ Cet-től (4,4 magnitúdós)
02.02	03:39	a (60) Echo kisbolygó oppozícióban (10,2 magnitúdós, Rák csillagkép)
02.02	12:19	a (18) Melpomene kisbolygó oppozícióban (9,5 magnitúdós, Rák csillagkép)
02.02	22:57	a 70,1%-os, csökkenő fázisú holdkorong peremétől 6' 18"-re DNy-ra látható a 66 Virginis (5,8 magnitúdós)
02.03	03:32	a 68,1%-os, csökkenő fázisú holdkorong peremétől 1' 44"-re DNy-ra látható a 74 Virginis (4,7 magnitúdós)
02.03	19:08	a Hold földközelben (370080 km, látszó átmérő: 32'17", 60,7%-os, csökkenő holdfázis)
02.04	02:30	a Hold súrolva fedi a 2 Libraet a déli pereme mentén (6,2 magnitúdós, 57%-os, csökkenő holdfázis) a Mérleg csillagképben
02.06	06:53	a Vénusztól a nappali égen 23' távolságra a Szaturnusz, 12°-os elongációban a Naptól
02.06	09:04	a Hold minimális librációja (l = 2,03°, b = -0,98°, 31,8%-os, csökkenő holdfázis)
02.06	22:09	a (60) Echo kisbolygó (10,4 magnitúdós) 19'-cel délre látható az M67 nyílthalmaztól (NGC 2682, 6,9 magnitúdós) a Rák csillagképben
02.11	13:45	a Vénusztól a nappali égen 26' távolságra a Jupiter, 11°-os elongációban a Naptól
02.13	01:21	a Hold maximális librációja (l = 4,47°, b = 6,55°, 1,9%-os, növekvő holdfázis)
02.13	17:15	a Neptunusz 5,0°-ra északra látható a 4,0%-os, növekvő fázisú Holdtól az esti szürkületben a Vízöntő csillagképben

Dátum	Idő	Esemény
02.15	04:04	a (6) Hebe kisbolygó (11,2 magnitúdós) 10'-cel ÉNy-ra látható az NGC 6604 nyílthalmaztól (7,5 magnitúdós) a Kígyó csillagképben
02.16	17:17	a Marstól 26,3'-cel északra látható a δ Ari (4,4 magnitúdós) az esti szürkületben
02.17	07:47	a (113) Amalthea kisbolygó oppozícióban (10,9 magnitúdós, Oroszlán csillagkép)
02.17	19:43	az Uránusz 3,1°-ra északra látható a 31,9%-os, növekvő fázisú Holdtól a Kos csillagképben
02.18	10:24	a Hold földtávolban (404 506 km, látszó átmérő: 29'32", 37,6%-os, növekvő holdfázis)
02.18	22:10	a Mars 4,5°-ra északra látható a 42,0%-os, növekvő fázisú Holdtól az esti égen a Kos csillagképben
02.19	11:10	a Hold minimális librációja (l = -2,04°, b = 2,18°, 47,1%-os, növekvő holdfázis)
02.21	23:17	a (16) Psyche kisbolygó (11,2 magnitúdós) 17'-cel ÉNy-ra látható az NGC 1647 nyílthalmaztól (6,8 magnitúdós) a Bika csillagképben
02.22	05:02	a Merkúr és a Szaturnusz 4,1°-os közelsége a hajnali szürkületben a Bak csillagképben
02.22	06:35	a (29) Amphitrite kisbolygó oppozícióban (9,2 magnitúdós, Oroszlán csillagkép)
02.24	00:03	a Hold súrolva fedi a ZC 1157-et az északi pereme mentén (6,2 magnitúdós, 87%-os, növekvő holdfázis) az Ikrek csillagképben
02.26	02:02	a Hold maximális librációja (l = -5,74°, b = -5,93°, 97,8%-os, növekvő holdfázis)
02.27	01:25	a 99,9%-os, növekvő fázisú holdkorong peremétől 5' 57"-re ÉK-re látható a 46 Leonis (5,4 magnitúdós)

A Mairan-kráter

A Mare Imbriumot északnyugatról egy széles, de viszonylag alacsony terraterület határolja. Ez a világos színű felföld, ami a Plato-krátertől nyugatra kezdődik, és elválasztja a Mare Imbriumot a Mare Frigoristól, a Sinus Roristól és az Oceanus Procellarumtól, magába foglalja többek között a hatalmas Sinus Iridumot is, az egyik legérdekesebb, és legtöbbet vitatott holdi alakzatot. A Sinus Iridum tulajdonképpen egy 260 km-es kráter maradványa, amiből csak az északnyugati sánc maradt meg. Ennek önálló neve van: Montes Jura. A Sinus Iridumot fél tucat 40 km körüli kráter veszi körül, amiből négy fiatalos, nagyon hasonló megjelenésű komplex kráter, és ha közelebb

A Mairan-kráter és környéke Kocsis Antal 2014. március 13-án készült felvételén (304/3048-as Schmidt–Cassegrain-távcső, DMK41 AU02.AS kamera)

lennének egymáshoz, könnyedén össze is keverhetnénk őket. Ezek közül a Mairan a legdélebbi. Átmérője 40 km, mélysége 3400 méter, falainak teraszossága már szerényebb műszerekkel is jól látszik. Ezzel ellentétben a sima, olvadékkal feltöltött krátertalaj három apró méretű központi csúcsát már nehezebb megpillantani. A Mairantól nyugat-délnyugatra, még mindig a terra területen, két kisebb gödörkrátert találunk, ezek a Mairan F és D-kráterek. Tőlük nyugatra, de már az Oceanus Procellarum síkságán, három különálló kis hegyet pillanthatunk meg. Ezek közül az északi igazán érdekes. Ez a Mairan T jelű dóm, vagy inkább salakkúp, jókora kalderával a tetején. Átmérője 7 km, magassága pedig 800 méter. Az LRO (Lunar Reconnaissance Orbiter) felvételén hallatlanul izgalmas látványt nyújt, mert ez a dóm valóban úgy néz ki, mint egy igazi vulkán. Kisebb távcsövekkel is látható, de csak nagyobb, 25-30 centiméteres műszerekkel várhatunk komolyabb részleteket. Még a Mairan T-nél is nehezebbben kivehető alakzat a tőle délnyugatra húzódó Mairan-rianás. Hossza 100 km, de még nagyobb távcsövekkel is csak egy rövidebb, talán 30-40 km-es szakasza pillantható meg.

Csillagfedések

dátum		UT			J	csillag No		Hold	Nap	Hold	pozíció		korrekció	
hó	nap	h	m	s			m_v	fázis	h	h	CA	PA	a	b
02	1	0	52	8,9	d	1702	4,0	87-		48	-86N	105	+1,6	-0,1
02	1	2	2	38,0	R	1702	4,0	87-		49	57N	322	+1,0	-1,6
02	3	3	44	44,8	r	139388	7,9	67-		36	79S	279	+1,7	-0,4
02	4	2	23	7	d	2060	6,2	57-		26	2S	201	-3,2	-7,1
02	4	2	36	34	R	2060	6,2	57-		27	25S	223	+5,5	+6,8
02	4	3	36	17,1	r	X128771	7,9	56-		30	90S	288	+1,5	-0,1
02	4	3	36	19,9	R	2064	6,3	56-		30	90S	288	+1,5	-0,1
02	7	4	25	58,7	R	2490	5,2	23-		11	57S	240	+1,8	+1,9
02	7	4	26	13,2	R	185237	6,7	23-		11	58S	241	+1,8	+1,8
02	7	4	32	6,1	R	2491	6,6	23-		12	73N	290	+1,1	+0,6
02	8	4	15	39,1	r	2652	6,5	15-		3	86N	270	+0,9	+1,3
02	14	12	38	55,9	d	3536	4,4	8+	26	36	85S	81	+1,9	+0,5
02	15	19	3	27,2	d	109532	8,1	15+		9	38N	20	+0,2	+1,1
02	16	17	50	24,1	d	239	8,2	22+		31	31N	13	+0,5	+2,1
02	16	20	18	30,5	d	110062	8,0	23+		8	60N	42	+0,2	+0,0
02	17	10	47	49,9	d	327	4,4	29+	31	23	81S	81	+0,6	+1,7
02	17	19	39	5,3	D	354	5,5	31+		24	88N	70	+0,7	-0,9
02	17	20	12	58,5	d	92942	7,6	32+		19	45S	117	+0,4	-3,1
02	17	20	26	46,0	d	92948	7,3	32+		17	68S	95	+0,3	-1,8
02	17	20	55	23,2	d	360	6,7	32+		12	30S	133	-0,1	-4,4
02	19	17	30	10,7	d	93661	8,2	49+		60	49N	37	+1,4	+1,9
02	19	17	50	39,1	d	93670	7,8	49+		58	73N	61	+1,7	+0,6
02	20	17	29	5,0	d	76733	8,3	59+		64	62N	54	+1,6	+1,5
02	20	21	1	16,1	d	76776	7,8	60+		41	60N	53	+1,2	+0,1
02	22	19	43	23,3	d	78521	7,8	78+		67	22N	26	+2,1	+4,7
02	22	20	51	53,1	D	1015	6,5	78+		60	75S	110	+1,4	-1,6
02	22	21	36	8,9	D	1019	6,8	78+		53	41S	144	+0,7	-3,6
02	22	22	1	42,8	D	1023	6,4	78+		50	85S	99	+1,1	-1,5

dátum		UT			J	csillag No		Hold	Nap	Hold	pozíció		korrekció	
hó	nap	h	m	s			m_v	fázis	h	h	CA	PA	a	b
02	23	1	8	6,8	d	78706	7,0	79+		19	31N	36	+0,9	+0,3
02	23	21	13	20,5	d	79523	7,7	86+		63	66N	78	+1,8	-0,1
02	25	2	50	42,4	D	1308	4,7	94+		18	75N	96	+0,0	-1,5
02	25	19	53	56,6	d	98567	7,5	97+		53	38S	172	+1,0	-4,3
02	26	19	2	6,0	d	1514	6,2	100+		35	63N	118	+0,9	+0,3
02	28	4	10	38,3	r	1669	6,7	99-		21	81S	263	+0,6	-1,4

200 éve fedezték fel az ε Aurigae fényváltozását

Noha az ε Aurigae (arab nevén Almaaz, „kecskegida") szabad szemmel jól megfigyelhető csillag, változásaira elsőként egy német amatőrcsillagász, Johann Fritsch (1772–1829) figyelt fel 1821-ben, amikor a csillag éppen minimumában tartózkodott. Fritsch az idő tájt egy német kisváros, Quedlinburg protestáns főprédikátora volt, és csak 1824-ben publikálta felfedezését egy rövid jegyzetben, bár az elhalványodás tényét már 1821-ben megemlítette egy Johann Bodénak írt levelében. A csillag következő minimuma idején, 1847-48-ban már a német matematikus, Eduard Heis, valamint a híres porosz csillagász, Friedrich Wilhelm Argelander is észlelte a csillag hónapokig tartó elhalványodását, majd visszafényesedését. Bár a következő, 1874–1875-ben bekövetkezett minimumát még mindketten megérhették, a változások periodikusságára és okára csak jóval később született magyarázat. Ezt Hans Ludendorff 1904-ben az Astronomische Nachrichtenben publikálta az ε Aurigae 1901–1902-es minimumát követően. Luddendorff megállapította, hogy a csillag az ún. fedési változók népes családjába tartozik.

Az ε Aurigae, 27,1 éves periódusával típusának leghosszabb keringési idejű képviselőjének számított, egészen a 2016-ban felfedezett, 69,1 év periódusú TYC2505-672-1 (AS LMi) felfedezéséig. Már a XX. század korai fedései során feltűnt két különleges anomália: a csillag minimumában jelentős, több tized magnitúdós változásokat produkál, továbbá az F színképű óriás főkomponens társa semmilyen megfigyelési módszerrel sem látható. A jelenségek okára számos teória született, gigászi bolygótól sötét, forgó porfelhőn át fényelnyelő fekete lyukig. Legutóbbi, 2009–2011-ben bekövetkezett fedése során a Georgiai Állami Egyetem munkatársainak négy, egyenként egyméteres infravörös távcső összekapcsolásával sikerült képet alkotniuk a fedést okozó objektumról. Az elhalványodást eszerint egy lapos, enyhén megdőlt porkorong okozza, amely, feltehetően egy születőben levő csillag vagy csillagok körül kering (ahogy Robert Wilson, a Kaliforniai Egyetem Nobel-díjas fizikusa is megjósolta, még 1971-ben).

Az ε Aurigae következő fedésére 2036-ig kell várnunk, így megfigyelése jelenleg nem ígér különleges élményt a változócsillagok kedvelőinek.

A Kis Magellán-felhő

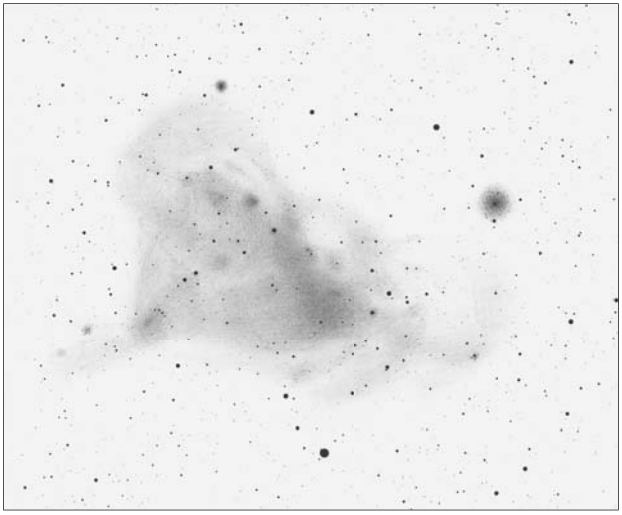
A Kis Magellán-felhő (Small Magellanic Cloud, SMC) hozzávetőleg 20°-ra látszik nagyobb társától, de annál halványabb és kisebb méretű. A Nagy Magellán-felhőtől 75 ezer fényévre, tőlünk pedig 200 ezer fényévre lévő törpe küllős spirális galaxis látszó mérete 4°, amely 7000 fény-

éves valós kiterjedésnek felel meg. Tömege mintegy 7 milliárd naptömeg, ez néhány százmillió csillagban összpontosul. A galaxis sokkal nyugodtabb megjelenésű mint a Nagy Magellán-felhő, kevesebb részletet mutat, centruma pedig aszimmetrikus elhelyezkedésű. A fényes küllőre közel a hossztengelye mentén látunk rá, ennek köszönheti különös formáját. A körte alakú galaxisban 30-40 folt, többnyire nyílthalmaz és köd azonosítható. Két fényes gömbhalmaz látszik mellette: a 4 magnitúdós NGC 104 (47 Tucanae) és a 6,8 magnitúdós NGC 362, ezek azonban a Tejútrendszerhez tartoznak.

1891-ben a Harvard Obszervatórium észlelőbázist hozott létre a perui Arequipában, ahol, 1893 és 1906 között Solon Bailey végzett fotografikus észleléseket. A Kis Magellán-felhőről készült lemezeken Henrietta Swan Leavitt számos cefeida típusú változócsillagot fedezett fel. 1908-ban megjelent cikkében mutatta ki ezen változócsillagok periódus–fényesség relációját, amely alapján a cefeidák „standard gyertyaként" használhatóak a csillagászati távolságmérésben.

A Kis és Nagy Magellán-felhő gravitációs kapcsolatban áll egymással: közös hidrogénkorona veszi körül őket, és egy gázból álló csóva feszül közöttük. Vannak arra utaló jelek, hogy a Kis Magellán-felhőből egy anyagdarabot („Mini Magellán-felhő") is leszakíthatott nagyobb társa, ezt azonban nem lehet megfigyelni, mivel az SMC mögött lehet, csak a két galaxis mozgásából következtettek a létére.

A vizuálisan nagyjából 2 magnitúdós SMC szabad szemmel körte alakú, mellette világosan látszik a 47 Tuc fényes, izzó foltja. Közel sincs akkora fényességkülönbség az LMC és SMC között, mint ahogy a fotók sugallják. Binokulárral a körte alak egyik oldala aszimmetrikusan kifényesedik, és láthatóvá válik a 7 magnitúdós NGC 362 is. 10–15 cm-es távcsövek meglehetősen inhomogénnek mutatják a galaxist, de közel sincs benne annyi részlet, mint a Nagy Magellán-felhőben.



Sánta Gábor rajza az SMC-ről
(13 T, 20x, a rajz előre nyomtatott háttérre készült, Namíbia, Isabis farm)

Évfordulók

250 éve halt meg Jean-Jacques d'Ortous de Mairan

A francia csillagász és biológus Jean-Jacques de Mairan 1678. november 26-án született Béziers-ben. Iskoláit eleinte Toulouse-ban végezte, ahol elsősorban az ógörög nyelv érdekelte. 1698-ban Párizsba költözött, és ott már matematikát és fizikát tanult. 1702-ben hazatért Béziers-be, és csillagászattal és biológiával foglalkozott. Az utóbbi tudományban munkássága igen jelentős, a kronobiológia (periodikus jelenségek élő szervezetekre gyakorolt hatásának vizsgálata) egyik megalapozójának tekintik (Observation Botanique, *Histoire de l'Academie Royale des Sciences 1729*, pp. 35–36).

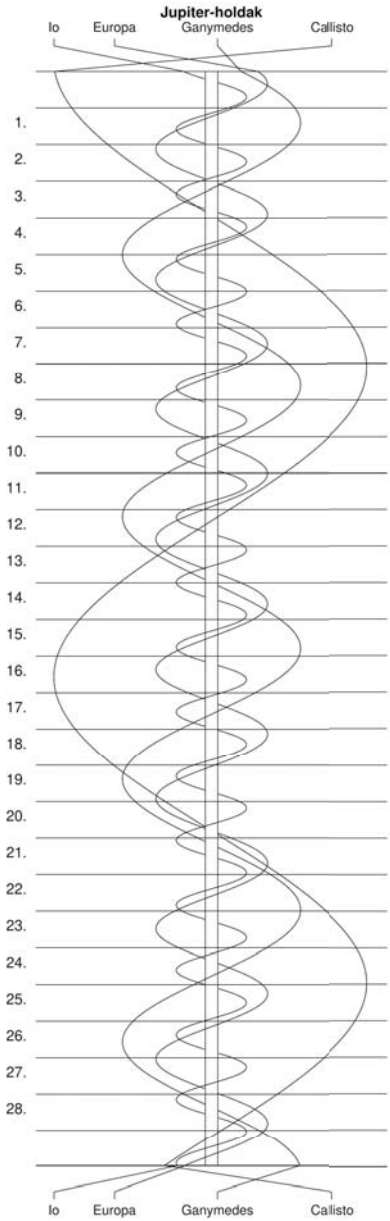
Csillagászati munkássága főleg a Földre korlátozódott. Becslést adott a sarki fény magasságára, és az auróra keletkezését az állatövi fénynek tulajdonította (*Traité physique et historique de l'aurore boréale*, Paris, 1731). Foglalkozott a téli hideg és nyári meleg okával is (Sur la Causegenerale du Froiden Hiver, et de la Chaleuren Eté, *Memoires de Mathematique et de Physique tirés des registres de l'Academie Royale des Sciences 1719*, pp. 104–135), elhanyagolva a földi atmoszféra sugárzáselnyelését, mivel erről nem állt rendelkezésére semmilyen megfigyelés. Ez vezette pártfogoltját, Pierre Bouguer-t ez első fotométer megkonstruálásához. Érdemes még megemlíteni, hogy elfogadta a Vénusz feltételezett holdjának létezését, és erre egy elméletet is kidolgozott (l. Meteor csillagászati évkönyv 2020, p. 258). Fizikai kísérleteket is végzett, például a jég túlhűtésével kapcsolatban (*Dissertation sur le glace*, Béziers, 1717).

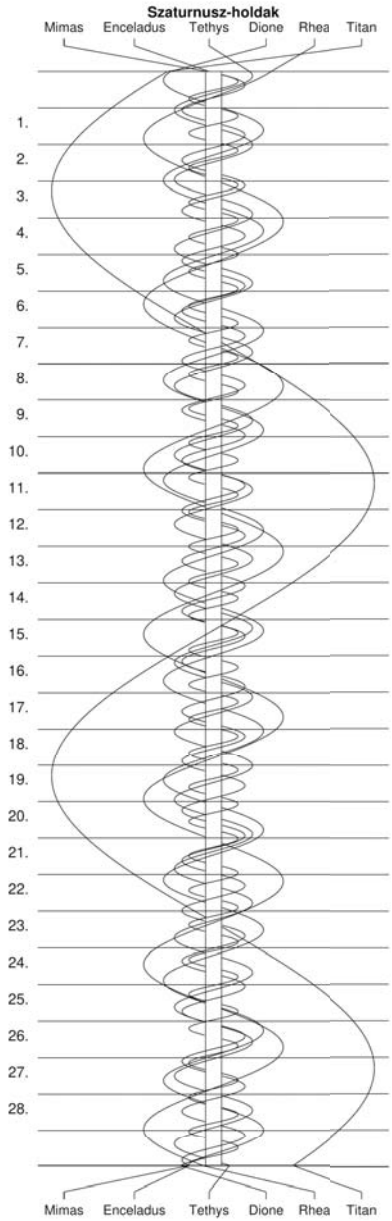
Mairan tüdőgyulladásban halt meg 1771. február 20-án, Párizsban. Kortársai sokszor hivatkoztak rá, főleg a sarki fénnyel kapcsolatos műveire. Néhány éve pedig a *Revue d'histoire des sciences* szentelt egy különszámot munkássága ismertetésének.

Jupiter-holdak

nap	UT h:m	hold	jelenség
28	4:46.6	Ganymedes	fk

f = fogyatkozás: a hold a Jupiter árnyékában
á = átvonulás: a hold árnyéka a Jupiteren
e = előtte: a hold a Jupiter korongja előtt
m = mögötte: a hold a Jupiter korongja mögött
k = a jelenség kezdete
v = a jelenség vége


Jupiter-holdak
Io
Europa
Ganymedes
Callisto
1.
2.
3.
4.
5.
6.
7.
8.
9.
10.
11.
12.
13.
14.
15.
16.
17.
18.
19.
20.
21.
22.
23.
24.
25.
26.
27.
28.
Io
Europa
Ganymedes
Callisto


Szaturnusz-holdak
Mimas
Enceladus
Tethys
Dione
Rhea
Titan
1.
2.
3.
4.
5.
6.
7.
8.
9.
10.
11.
12.
13.
14.
15.
16.
17.
18.
19.
20.
21.
22.
23.
24.
25.
26.
27.
28.
Mimas
Enceladus
Tethys
Dione
Rhea
Titan

$\lambda = 19°$, $\varphi = 47{,}5°$

Kalendárium – március

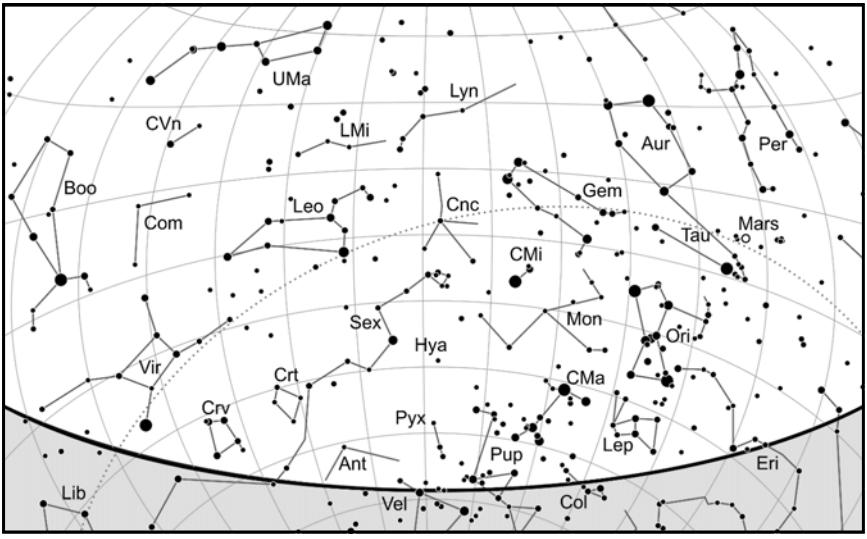
KÖZEI

dátum			Nap kel, h m	Nap delel, h m	Nap nyugszik h m	h_d °	E_t m	Hold kel, h m	Hold delel, h m	Hold nyugszik h m		fázis h m
		9. hét										
1.	h	60.	6 24	11 56	17 29	35,1	-12,4	20 13	1 27	7 46		
2.	k	61.	6 22	11 56	17 31	35,5	-12,2	21 33	2 17	8 08		
3.	sz	62.	6 20	11 56	17 32	35,9	-12,0	22 54	3 08	8 31		
4.	cs	63.	6 18	11 55	17 33	36,3	-11,8	–	4 01	8 58		
5.	p	64.	6 16	11 55	17 35	36,6	-11,5	0 14	4 56	9 30		
6.	sz	65.	6 14	11 55	17 36	37,0	-11,3	1 32	5 53	10 09	◑	2 32
7.	v	66.	6 12	11 55	17 38	37,4	-11,1	2 43	6 52	10 58		
		10. hét										
8.	h	67.	6 10	11 54	17 39	37,8	-10,8	3 44	7 50	11 57		
9.	k	68.	6 08	11 54	17 41	38,2	-10,6	4 34	8 47	13 04		
10.	sz	69.	6 06	11 54	17 42	38,6	-10,3	5 13	9 41	14 15		
11.	cs	70.	6 04	11 54	17 44	39,0	-10,1	5 44	10 31	15 27		
12.	p	71.	6 02	11 53	17 45	39,4	-9,8	6 09	11 18	16 37		
13.	sz	72.	6 00	11 53	17 47	39,8	-9,5	6 30	12 02	17 46	●	11 23
14.	v	73.	5 58	11 53	17 48	40,2	-9,2	6 48	12 44	18 52		
		11. hét										
15.	h	74.	5 56	11 53	17 50	40,6	-9,0	7 06	13 26	19 58		
16.	k	75.	5 54	11 52	17 51	41,0	-8,7	7 24	14 07	21 03		
17.	sz	76.	5 52	11 52	17 52	41,4	-8,4	7 43	14 49	22 08		
18.	cs	77.	5 50	11 52	17 54	41,8	-8,1	8 04	15 32	23 13		
19.	p	78.	5 48	11 51	17 55	42,1	-7,8	8 30	16 18	–		
20.	sz	79.	5 46	11 51	17 57	42,5	-7,5	9 00	17 06	0 17		
21.	v	80.	5 44	11 51	17 58	42,9	-7,2	9 39	17 56	1 20	◐	15 41
		12. hét										
22.	h	81.	5 42	11 50	18 00	43,3	-6,9	10 27	18 49	2 17		
23.	k	82.	5 40	11 50	18 01	43,7	-6,6	11 25	19 42	3 08		
24.	sz	83.	5 38	11 50	18 02	44,1	-6,3	12 33	20 36	3 52		
25.	cs	84.	5 36	11 50	18 04	44,5	-6,0	13 46	21 29	4 28		
26.	p	85.	5 34	11 49	18 05	44,9	-5,7	15 04	22 22	4 57		
27.	sz	86.	5 32	11 49	18 07	45,3	-5,4	16 24	23 13	5 23		
28.	v	87.	5 30	11 49	18 08	45,7	-5,1	17 46	–	5 46	○	19 50
		13. hét										
29.	h	88.	5 28	11 48	18 10	46,1	-4,8	19 08	0 05	6 09		
30.	k	89.	5 26	11 48	18 11	46,5	-4,5	20 32	0 57	6 32		
31.	sz	90.	5 24	11 48	18 12	46,8	-4,2	21 56	1 51	6 58		

Március

nap	Julián dátum 12^h UT	θ_{gr} 0^h UT h m s	névnapok
9. hét			
1.	2 459 275	10 36 05	Albin, Dávid
2.	2 459 276	10 40 02	Lujza, Henriett, Henrietta, Henrik, Károly
3.	2 459 277	10 43 58	Kornélia, Frigyes, Irma, Kamilla, Oszkár
4.	2 459 278	10 47 55	Kázmér, Adorján, Adrián, Adriána, Adrienn, Zorán
5.	2 459 279	10 51 51	Adorján, Adrián, Adriána, Adrienn, Olivér, Olívia
6.	2 459 280	10 55 48	Leonóra, Inez, Ágnes, Elvira
7.	2 459 281	10 59 45	Tamás
10. hét			
8.	2 459 282	11 03 41	Zoltán, Apollónia, Beáta, János
9.	2 459 283	11 07 38	Franciska, Fanni, Gergely, György, Katalin, Rebeka
10.	2 459 284	11 11 34	Ildikó, Anasztázia, Ede, Emil, Kamilla, Kolos, Melitta
11.	2 459 285	11 15 31	Szilárd, Aladár, Borsika, Terézia, Tímea
12.	2 459 286	11 19 27	Gergely, Gergő, György
13.	2 459 287	11 23 24	Krisztián, Ajtony, Arabella, Ida, Rozina, Zoltán
14.	2 459 288	11 27 20	Matild
11. hét			
15.	2 459 289	11 31 17	*Nemzeti ünnep*; Kristóf, Krisztofer, Lujza, Lukrécia
16.	2 459 290	11 35 13	Henrietta, Ábris, Bálint, Henrik, Valentin
17.	2 459 291	11 39 10	Gertrúd, Patrik, József
18.	2 459 292	11 43 07	Sándor, Ede, Alexa, Alexander, Alexandra, Nárcisz
19.	2 459 293	11 47 03	József, Bánk
20.	2 459 294	11 51 00	Klaudia, Alexa, Alexandra, Irma
21.	2 459 295	11 54 56	Benedek, Bence, Gergely, Gergő, Miklós, Nikolett
12. hét			
22.	2 459 296	11 58 53	Beáta, Izolda, Csilla, Katalin, Lea, Lia
23.	2 459 297	12 02 49	Emőke, Ottó
24.	2 459 298	12 06 46	Gábor, Karina, Ella, Gabriella, Katalin
25.	2 459 299	12 10 42	Irén, Írisz, Irina, Kristóf, Lúcia, Mária
26.	2 459 300	12 14 39	Emánuel, Dusán, Leonóra
27.	2 459 301	12 18 36	Hajnalka, Auguszta, Augusztina, János, Lídia
28.	2 459 302	12 22 32	Gedeon, Johanna, Hanna, János, Maja
13. hét			
29.	2 459 303	12 26 29	Auguszta, Augusztina
30.	2 459 304	12 30 25	Zalán
31.	2 459 305	12 34 22	Árpád, Ákos, Benjámin, Johanna, Kornélia

Messier-maraton: március 12–15.



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

Bolygók

Merkúr: A hónap első felében napkelte előtt kereshető a délkeleti látóhatár közelében. Március elején még majdnem egy órával kel a Nap előtt. Láthatósága fokozatosan romlik, 15-én már csak 40 perccel kel a Nap előtt, és hamarosan elvész a pirkadatban. Az ekliptika lapos szögben látszik, emiatt kedvezőtlen a mostani láthatósága.

Vénusz: A Nap közelsége miatt nem figyelhető meg. 26-án felső együttállásban van a Nappal. Fényessége -3,9^m, átmérője 9,8″-ről 9,7″-re csökken, fázisa 0,99-ról 0,999-re nő.

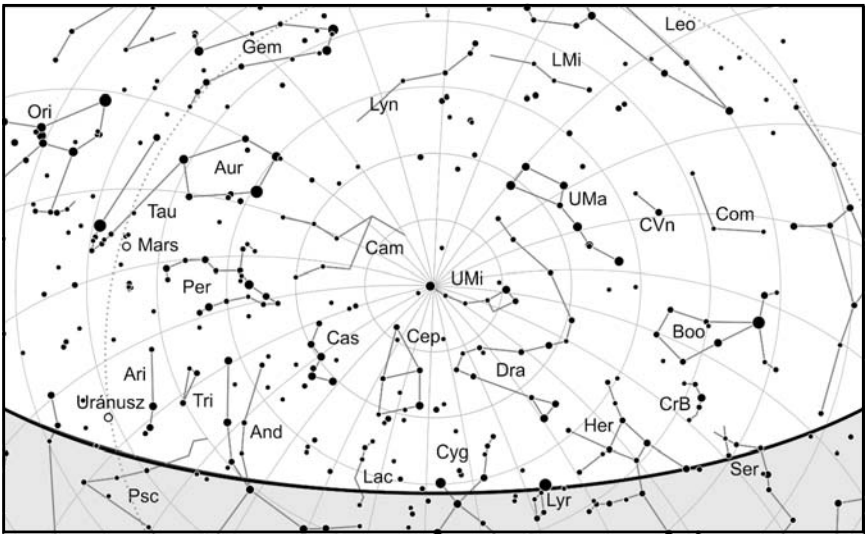
Mars: Előretartó mozgást végez a Bika csillagképben. Továbbra is éjfél után nyugszik, a dél-nyugati-nyugati égen magasan látható az éjszaka első felében. Egyre halványodik, fényessége 0,9^m-ról 1,3^m-ra, látszó átmérője 6,4″-ről 5,3″-re változik.

Jupiter: Előretartó mozgást végez a Bak csillagképben. Hajnalban kel, a hajnali ég alján látható a délkeleti égen, ragyogó, sárgásfehér fényű égitestként. Fényessége -2,0^m, átmérője 34″.

Szaturnusz: Előretartó mozgást végez a Bak csillagképben. Hajnalban kel, napkelte előtt látható alacsonyan a délkeleti-déli égen. Fényessége 0,7^m, átmérője 16″.

Uránusz: A hónap nagy részében kereshető sötétedés után, este nyugszik. Előretartó mozgást végez a Kos csillagképben. Március legvégén már nehéz észrevenni az egyre közelebb látszó Nap alkonyati fénye miatt.

Neptunusz: A Nap közelsége miatt nem figyelhető meg, 11-én felső együttállásban van a Nappal. Előretartó mozgást végez a Vízöntő csillagképben.



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

Eseménynaptár (UT)

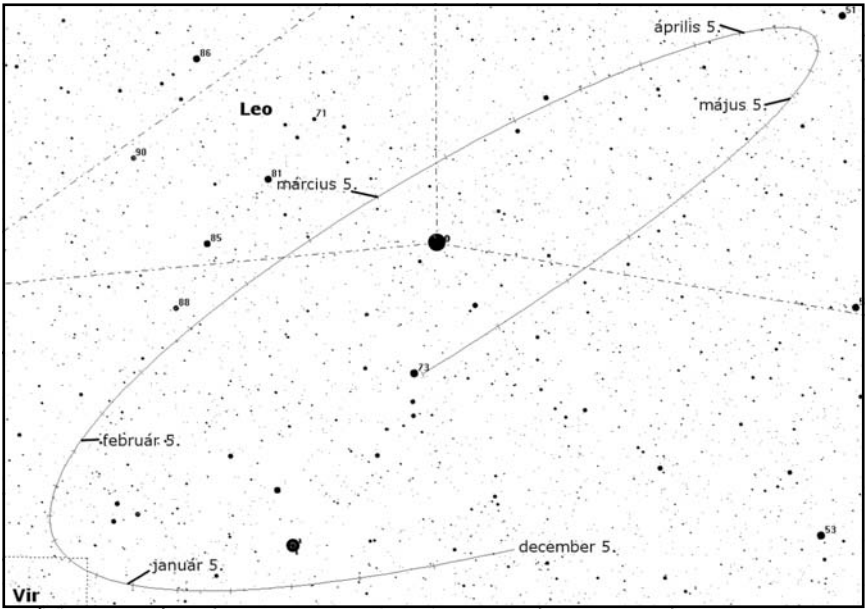
Dátum	Idő	Esemény
03.02	05:26	a Hold földközelben (365400 km, látszó átmérő: 32'42", 88,9%-os, csökkenő holdfázis)
03.02	14:27	a Merkúr dichotómiája (26,9°-os nyugati elongáció, 7,6" látszó átmérő)
03.03	00:11	az (52) Europa kisbolygó (11,4 magnitúdós) 21'-cel ÉNy-ra látható az NGC 2175 nyílthalmaztól (6,8 magnitúdós) az Orion csillagképben
03.04	12:28	a (4) Vesta kisbolygó oppozícióban (6,1 magnitúdós, Oroszlán csillagkép)
03.04	17:43	a Marstól 2,6°-kal északra látható a Fiastyúk nyílthalmaz (M45, 1,2 magnitúdós) az esti szürkületben a Bika csillagképben
03.04	23:22	a Hold minimális librációja (l = 2,76°, b = -1,69°, 62,4%-os, csökkenő holdfázis)
03.05	04:42	a Merkúr és a Jupiter 19,5'-es közelsége a hajnali szürkületben a Bak csillagképben
03.05	05:54	a Merkúrtól a nappali égen 19,4' távolságra a Jupiter, 27°-os elongációban a Naptól
03.06	11:22	a Merkúr legnagyobb nyugati elongációja (27,3°, 0,2 magnitúdós, 7,1" átmérő, 57% fázis, Bak csillagkép)
03.10	12:04	a (116) Sirona kisbolygó oppozícióban (10,7 magnitúdós, Oroszlán csillagkép)
03.10	17:48	a Marstól 13,4'-cel délre látható a 37 Tau (4,4 magnitúdós) az esti szürkületben
03.11	23:47	a Hold maximális librációja (l = 4,69°, b = 6,49°, 2,3%-os, csökkenő holdfázis)
03.12	00:39	a (116) Sirona kisbolygó (10,7 magnitúdós) 18'-cel északra látható az NGC 3705 galaxistól (11,1 magnitúdós) az Oroszlán csillagképben
03.12	17:55	kedvező időpont hétvégi Messier-maratonra

Dátum	Idő	Esemény
03.13	17:57	kedvező időpont hétvégi Messier-maratonra
03.14	17:22	30 óra 59 perces holdsarló 4,3° magasan az esti égen
03.17	22:41	a (16) Psyche kisbolygó (11,2 magnitúdós) 4'-cel nyugatra látható a 106 Tau-tól (5,3 magnitúdós)
03.18	05:09	a Hold földtávolban (405285 km, látszó átmérő: 29'28", 20,0%-os, növekvő holdfázis)
03.18	15:46	a Hold minimális librációja (l = -1,86°, b = 2,04°, 23,5%-os, növekvő holdfázis)
03.18	18:00	a Marstól 26,1'-cel DK-re látható az υ Tau (4,3 magnitúdós) az esti szürkületben
03.19	18:50	az Uránusz és a (19) Fortuna (12,0 magnitúdós) kisbolygó 16'-es közelsége a Kos csillagképben
03.19	19:47	a Mars 2,3°-ra északra látható a 33,3%-os, növekvő fázisú Holdtól a Bika csillagképben
03.20	09:37	tavaszi nap-éj egyenlőség
03.20	18:46	a (8) Flora kisbolygó (10,9 magnitúdós) 28'-cel északra látható Hind változó ködétől (NGC 1555) a Bika csillagképben
03.21	02:31	a (12) Victoria kisbolygó (11,3 magnitúdós) 10'-cel délre látható a 29 Sgr-től (5,2 magnitúdós)
03.21	16:02	a 231937 (2001 FO32) kisbolygó földközelben (12,8 magnitúdós, Nyilas csillagkép)
03.21	18:30	az 51,6%-os, növekvő fázisú holdkorong peremétől 3' 18"-re délre látható az 5 Geminorum (5,8 magnitúdós)
03.22	22:47	a 63,2%-os, növekvő fázisú holdkorong peremétől 3' 10"-re északra látható az 52 Geminorum (5,8 magnitúdós)
03.25	11:27	a Hold maximális librációja (l = -7,10°, b = -6,06°, 85,8%-os, növekvő holdfázis)
03.29	17:13	a (35) Leukothea kisbolygó oppozícióban (11,3 magnitúdós, Szűz csillagkép)
03.30	06:23	a Hold földközelben (360296 km, látszó átmérő: 33'09", 96,7%-os, csökkenő holdfázis)
03.30	19:02	a (18) Melpomene kisbolygó (11,1 magnitúdós) 9'-cel DK-re látható a θ Cnc-től (5,3 magnitúdós)
03.31	19:00	a Hold minimális librációja (l = 2,28°, b = -2,22°, 87,2%-os, csökkenő holdfázis)

Együttállások

A 2021-es év érdekes és látványos együttállásainak sorát a Mars és az M45 (Plejádok, Fiastyúk) március 4-i együttállása nyitja. Ezen az estén (17:43 UT-kor) a vörös bolygó 2,6 fokra közelíti meg a látványos nyílthalmazt. Megfigyelésüket semmi sem zavarja, hiszen a páros 55 fokkal tartózkodik majd a horizont felett. Észlelésük binokulárokkal lesz a legélvezetesebb, fotózásukhoz teleobjektívet célszerű választani.

Március 19-én a Hold, a Mars és az Aldebaran (α Tau) szép együttállása látszik az égen. Ezen a napon 18:00 UT körül a már sötétebb égen remekül láthatjuk a Holdat a Hyadok csillaghalmaz peremén. A Mars 2 fokkal északnyugatra, az Aldebaran 4 fokkal délkeletre lesz a 48 fok magasan járó égi kísérőnktől. A Hold megvilágítottsága 32% lesz, így fénye nem fogja jelentősen zavarni a csillaghalmaz észlelését.



A (4) Vesta kisbolygó keresőtérképe (oppozíció: március 4.)

A Galilei-holdak kölcsönös jelenségei márciusban

2021-es kölcsönös jelenségek január 3. és november 16. között láthatók bolygónkról, de az év első hónapjaiban az óriásbolygó a Nap közelében tartózkodik, így gyakorlatilag március elején kezdődnek a megfigyelhető jelenségek a hajnali égbolton. Magyarországról az utolsó jelenség szeptemberben lesz. A holdak kölcsönös fedései és árnyékvetései egymásra akkor figyelhetők meg, amikor a Jupiter-holdak pályasíkjába esik a Föld (okkultációk) vagy a Nap (fogyatkozások). A hatévente előforduló sorozat általában sok látványosságot ígér. Okkultációkor a két részt vevő hold korongja érinti és elfedi egymást, részlegesen vagy teljesen. Fogyatkozáskor a két részt vevő hold a Földről nézve nem esik egy vonalba, egymástól több ívpercnyi távolságban is lehetnek. Az árnyékvető hold fényességében nem látunk változást, viszont amelyik holdra az első árnyéka vetül, ott akár néhány magnitúdónyi fényességcsökkenés is lehetséges. Az árnyéknak (a földi holdfogyatkozáshoz hasonlóan) van egy penumbrális és egy umbrális része, nyilván a nagyobb fényességcsökkenést az umbra okozza. Az eseményeket havonta táblázatban találjuk, de a látványosabb jelenségek lefolyását ábrán is közöljük. Mivel a Jupiter az év folyamán mélyen a Bak csillagképben, -12 és -15 fokos deklináció körül mozog, a jelenségek száma is korlátozott, és igazán nyugodt légkört sem várhatunk (ami szükséges lenne a néhány ívmásodperces holdak korongjának felbontásához). De kis távcsövekkel is látványos lehet a megfigyelés, hiszen jól látszik majd a holdak halványulása-fényesedése. A megfigyeléshez mi-

nél nagyobb távcsövet és a lehető legnagyobb nagyítást használjuk, hiszen 15-20 cm-es távcsövekkel már piciny korongnak láthatjuk a holdakat. Digitális eszközzel pedig akár az árnyék vonulását is megörökíthetjük.

Dátum		kezdete			vége			típus	idő-tar-tam	centr táv(˝)	Δm	Jupiter táv.	Jup alt.	Nap alt.	hold fázisa
hó	nap	h	m	s	h	m	s								
3	9	4	52	33	5	29	29	1O4	36,9	0,214	0,229	53,52	6	-3	0,277
3	15	4	37	52	4	47	27	1O3	9,6	0,789	0,052	82,80	6	-4	0,118
3	16	4	55	7	5	1	37	2E1	6,5	0,256	0,689	73,90	9	-0	0,178
3	16	6	11	8	6	12	25	2O1	1,3	0,970	0,003	65,36	19	11	0,181
3	18	5	7	11	5	12	53	4O1	5,7	0,129	1,113	13,21	12	1	0,298
3	26	4	50	4	4	57	19	1E4	7,3	0,481	0,295	34,08	13	1	0,810
3	28	3	13	45	3	18	1	1E2	4,3	0,529	0,348	50,71	1	-13	0,948
3	28	4	37	14	4	40	29	1O2	3,2	0,603	0,169	35,53	13	0	0,952

Az előrejelzések Budapestre vonatkoznak. A táblázat oszlopainak magyarázata:
Dátum, időpont az esemény kezdetének és végének időpontjával
Típus: 1 = Io, 2 = Europa, 3 = Ganymedes, 4 = Callisto, O = okkultáció, E = fogyatkozás
Időtartam: a jelenség időtartama percekben
centr táv.: a két hold középpontjának, vagy fogyatkozás esetén az árnyékkúp közepének és a fogyatkozó hold közepének távolsága ívmásodpercben
Δm: a fényességcsökkenés mértéke
Jupiter táv.: A Jupitertől való távolság ívmásodpercben
Jup alt.: A Jupiter horizont feletti magassága az esemény közepén
Nap alt.: A Nap horizont feletti magassága Budapesten, ha pozitív az érték, akkor a jelenség nappalra esik
hold fázisa: a hold megvilágítottsága százalékban, 0 = újhold, 1,0 = telihold

Burnham-kettősök: tavasz

A Sherbourne Wesley Burnham által felfedezett és jelenleg is az ő neve alatt szereplő kettőscsillagok jellemzőit nem lehet általánosítani. Vannak közöttük rendkívül tág, binokulárral felbontható többes rendszerek, igazán szoros nagytávcsövesek, egyenlő fényességű párok, illetve nagy fényességkülönbségű kettőscsillagok is. Így bőven válogathatunk a WDS-ben jelenleg felsorolt 2327 Burnham-kettős között.

Alig néhány fokra az ε Leonistól találjuk a BU 909 kettőscsillagot. A tagok szögtávolsága standard, a nehézséget a két csillag jelentős fényességkülönbsége adja. Megfigyeléséhez, a B csillag halványsága miatt érdemes legalább 10-12 centiméteres távcsővel próbálkozni. További érdekesség, hogy egy látómezőben figyelhetjük meg az NGC 2903 spirális galaxissal.

Csillagfedések

dátum		UT			J	csillag No		Hold	Nap	Hold	pozíció		korrekció	
hó	nap	h	m	s			m_v	fázis	h	h	CA	PA	a	b
03	3	0	18	22,5	r	139704	7,3	82-		28	70S	267	+1,7	+1,0
03	3	3	24	2,0	R	2028	6,5	81-		30	73N	305	+1,3	-1,2
03	4	4	49	8,7	R	2159	5,2	71-	-6	22	69S	264	+1,6	-0,8
03	5	5	2	44,3	d	2307	3,9	60-	-3	20	-62N	73	+1,8	-0,2
03	5	6	4	20,2	r	2307	3,9	59-	7	16	47N	323	+1,3	-1,6
03	15	15	13	34,4	d	192	5,1	5+	15	34	12N	0	+0,1	+3,3
03	16	18	20	3,2	D	110353	7,8	10+		16	49S	116	+0,3	-3,0
03	16	18	57	36	D	315	7,3	10+		9	15S	150	+9,9	+9,9
03	18	17	49	22,7	d	4678	8,9	24+	-10	41	84N	71	+1,2	-0,7
03	19	17	53	0,3	d	76611	8,6	32+	-11	50	71N	62	+1,5	+0,0
03	21	22	34	7,7	d	78236	7,6	53+		23	77S	105	+0,0	-1,8
03	22	17	27	43,5	D	79054	6,9	61+	-6	67	88S	99	+1,8	-0,2
03	22	20	35	23,7	d	79140	8,0	62+		51	74S	113	+1,0	-1,9
03	22	22	15	56,6	D	1097	6,9	62+		35	64N	71	+0,9	-1,0
03	22	23	21	49,4	d	79238	7,3	63+		24	79N	87	+0,2	-1,4
03	23	16	51	59,6	d	1208	6,4	71+	1	58	50S	143	+1,7	-1,9
03	23	23	50	44,0	D	1239	6,6	73+		27	59N	73	+0,6	-1,1
03	24	17	32	22,0	d	1342	7,6	80+	-6	54	87S	112	+1,5	+0,1
03	24	22	15	20,1	d	1357	7,7	81+		49	88S	111	+1,0	-1,7
03	27	18	37	48,2	D	1702	4,0	99+		29	65N	108	+0,9	+0,7
03	27	19	43	16,6	r	1702	4,0	99+		39	-88S	311	+1,0	-0,3
03	31	1	31	1,7	r	2092	7,0	92-		28	50S	245	+2,3	+0,3

A Burnham-kráter

A Burnham-kráter az Apollo–16 felvételén

A Burnham nem tartozik a leggyakrabban észlelt holdkráterek közé, pedig a maga módján érdekes alakzat. Megfigyelés szempontjából nagyon jó helyen fekszik, a hatalmas Albategnius-krátertől közvetlenül délkeletre. Szelenografikus koordinátái: déli szélesség 13,9°, keleti hosszúság 7,3°. A 25 km-es Burnham öreg, talán pre-nectari korú kráter. Pontos adatot nem találni a korát illetően, de az egészen bizonyos, hogy az Imbrium-medencénél idősebb, mivel éppen ez utóbbit létrehozó becsapódás nyomait viseli magán. Már a legkisebb távcsövekkel is megfigyelhető, de igazán csak nagy távcsövekkel válik érdekessé ez a különös kráter. Alakja szabálytalan, olyan, mintha nem is egy, de legalább két kráterből tevődne össze. A kráterfalak alacsonyak és lekerekítettek, itt-ott hiányosak. A kráter mélysége 800 méter körüli.

A krátertalaj nagyon érdekes látvány, ugyanis imbriumi törmelék borítja, és egy apró krátert találunk az északi részen. Ez a 3,1 km-es K jelű kráter. A 8,4 km-es F-kráter délről csatlakozik a Burnhamhoz. Ez is öreg és lepusztult, csakúgy, mint a még délebbre fekvő 6 km-es A jelű. Ami különösen érdekessé és egyedivé teszi a Burnhamot, az elsőre talán fel sem tűnik. Ha figyelmesen megnézzük az Albategnius-kráter keleti részét, észreveszünk egy hosszú árokszerű képződményt, amely a Halley-krátert átvágva húzódik dél felé, pont a külső sánc mentén. Ez a rianásszerű alakzat megszakad a Burnhamot körülvevő sima és egyenletes talajon, és ahogy a Halley-krátert, úgy a Burnhamot is kettészeli. Innen a két hiányzó szakasz a Burnham sáncán. Ez az árok még a Burnham A közvetlen közelében is megfigyelhető. De mi ez az árok? A környezetében sok ilyen és ehhez hasonló képződményt látunk, és mind a Mare Imbrium irányába mutat. Ezek valójában egymásba nyíló kráterekből álló láncok, amelyek az Imbrium-medence születésekor, mintegy 3,85 milliárd évvel ezelőtt keletkeztek. Az első pontos tudományos leírásukban Carl Gilbert (1843–1918) Imbrium Sculpture-nek nevezte el ezeket az alakzatokat. A holdészlelés egyben időutazás is a múltba, mert szerény műszereinkkel olyan idős alakzatokat láthatunk égi kísérőnkön, amelyek itt a Földön már réges-régen eltűntek. A Burnham-kráter megfigyelésére az első negyed környéke, fogyó fázisnál pedig a 19-20 napos holdkorong a legalkalmasabb.

Évfordulók

100 éve halt meg Sherburne Wesley Burnham

Sherbourne Wesley Burnham, a 19–20. század egyik legjelentősebb kettőscsillag-észlelője 1838. december 12-én született a Vermont állambeli Thetfordban. Egyetemre nem járt, csak a gimnáziumot fejezte be. Megtanulta a gyorsírást, és riporterként dolgozott újságoknál. Egy angliai útja során vett magának egy (használhatatlan) kis távcsövet, ami a csillagászat felé irányította érdeklődését. Végül a massachusettsi Alvan Clark cégtől rendelt egy 6 hüvelykes (~15 cm) távcsövet, amivel a vizuális kettősöket kezdte el tanulmányozni.

Kiváló látásának és a kitűnő távcsőnek köszönhetően számos csillag kettősségét fedezte fel. Saját műszerén kívül, 1876–1884 között a Dearborn Obszervatórium 47 cm-es teleszkópját is használta. A Wisconsini Egyetem Washburn Obszervatóriumában is észlelhetett ugyanebben az időben. Ennek igazgatója Edward S. Holden (1846–1914) volt, aki később a Lick Obszervatórium vezetője lett. Burnhamet ide is meghívta, aki 1889 és 1892 között a Mt. Hamilton távcsöveivel figyelte meg a kettősöket. Ez az együttműködés azonban nem végződött jól, Holden nem volt jó igazgató. Burnham mellett Barnarddal is összeveszett, és a helybeli újságírókkal is haragban volt. Ambrose Bierce, aki

egy San Franciscó-i újság munkatársa volt ebben az időben, két kis szösszenetben ki is figurázta „Mahatma Holdent" (*At the Observatory, The Collected Works of Ambrose Bierce*, Vol. V, New York, 1911).

Burnham rendszeresen publikálta megfigyeléseit a csillagászati folyóiratokban (Astronomical Register, Monthly Notices, Astronomische Nachrichten stb.). Rendszeresen kiadott listákat újonnan felfedezett kettőseiről. Első összefoglaló kettőscsillag-katalógusát a szintén wisconsini Yerkes Obszervatórium jelentette meg 1900-ban (A General Catalogue of the Double Stars discovered by S. W. Burnham from 1871 to 1899, arranged in order of Right Ascension, *Publications of the Yerkes Observatory* 1, 1-271, 1900), a következőt pedig a Carnegie Institution (A General Catalogue of Double Stars within 121° of the North Pole, *Carnegie Institution of Washington Publication* No. 5., 1906).

Munkásságát kortársai elismerték, és nagyra tartották. Tiszteletbeli diplomát kapott a Yale Egyetemtől és a Northwestern Egyetemtől, tagjai közé választotta a Royal Astronomical Society – 1894-ben megkapta a Társaság aranyérmét is – és az American Academy of Arts and Sciences. Burnham 1921. március 11-én hunyt el Chicagóban.

Róla nevezték el a (834) Burnhamia kisbolygót.

Márciusi Messier-maraton

Charles Messier(1730–1817) a XVIII. századi Franciaországban új üstökösök keresése közben azt vette észre, hogy közelükben néha ködös, halvány, a távcsőben mutatkozó üstökösökhöz hasonló égitestek tűnnek fel. Mivel azonban elmozdulást nem mutattak, nem lehetett szó a Nap körül keringő égitestekről. Néhányukat sikerült felbontania csillagokra, ám legtöbbjük ködös maradt, és csak bő száz esztendővel később derült fény igazi természetükre, arra, hogy csillagok százmillióiból álló galaxisok. Messier a ködös, üstökösszerű objektumokról katalógust állított össze, közben módszeresen ellenőrizte az elődei által ködösként leírt égitesteket is. Katalógusa végső formájában 103 objektumot sorolt fel, amit az utókor hét olyan tétellel egészített ki, amelyeket bizonyítottan megfigyelt a francia csillagász, így a ma elfogadott változat 110 bejegyzést tartalmaz. Sokak szerint az igazi amatőrcsillagász ismérve az, hogy végigészlelte ezt a listát.

Az ötlet, hogy a 110 objektumot egyetlen éjszaka során is végig lehetne észlelni, amerikai és spanyol amatőröktől származik. Először a nyolcvanas évek elején szerveztek Messier-maratont az Egyesült Államokban, később a mozgalom világszerte elterjedt. Ilyen sok objektum mellett nem lehet szó valamennyi célpont alapos leírására, lerajzolására, netán lefényképezésére, inkább a lista végignézéséről, az égitestek végiglátogatásáról beszélhetünk.

A Messier-objektumok egyetlen éjszakán való felkeresésére tavasszal nyílik a legjobb lehetőség. Bár Magyarország területéről a 110 Messier-objektum közül elméletileg legfeljebb 109-et láthatunk egy éjszaka, már a 100-as darabszám elérése is elismerésre méltó teljesítmény. Ismerni kell az objektumok pontos helyzetét, hozzávetőleges megjelenésüket, hogy ne keverjük össze őket más égi objektumokkal.

A Messier-maraton verseny, mégpedig nemes verseny, amelyet az égbolttal vívunk, latba vetve összes égismeretünket és észlelői tapasztalatunkat. Verseny, amely komolyan próbára teszi állóképességünket a hosszú, gyakran hideg tavaszi éjszakában. Maraton, ahol az „égi 42 ki-

lométer" kilométerköveit csodálatos mélyég-objektumok jelzik. Természetesen lehetőség van technikai segítséget is igénybe venni, vagyis goto-vezérlésű távcsövekkel is felkereshetjük Messier objektumait. Ennek azonban sokkal kisebb a „sportértéke", hasonlóan a Mount Everest oxigénpalackkal vagy anélkül való meghódításához.

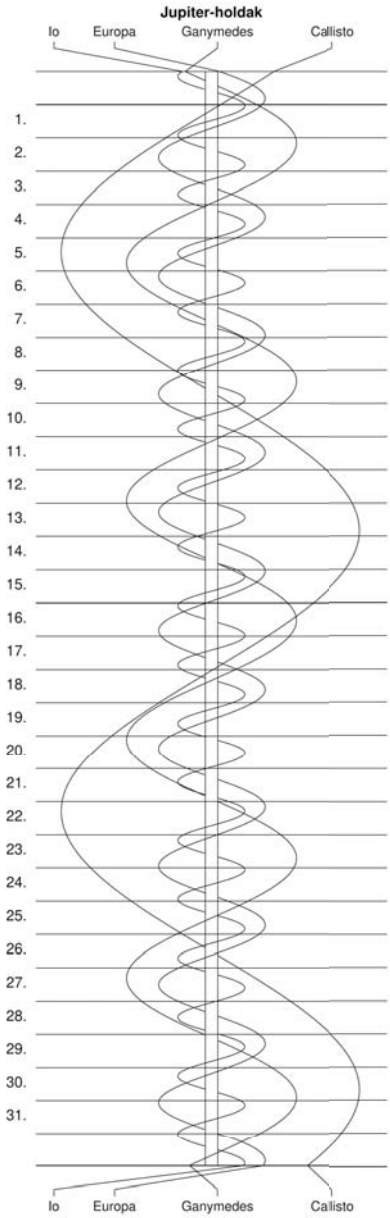
A Messier-objektumok egyetlen éjszakán való „végiglátogatására" március közepétől április közepéig nyílik lehetőség, de sikerre csak az újhold körüli éjszakákon számíthatunk.

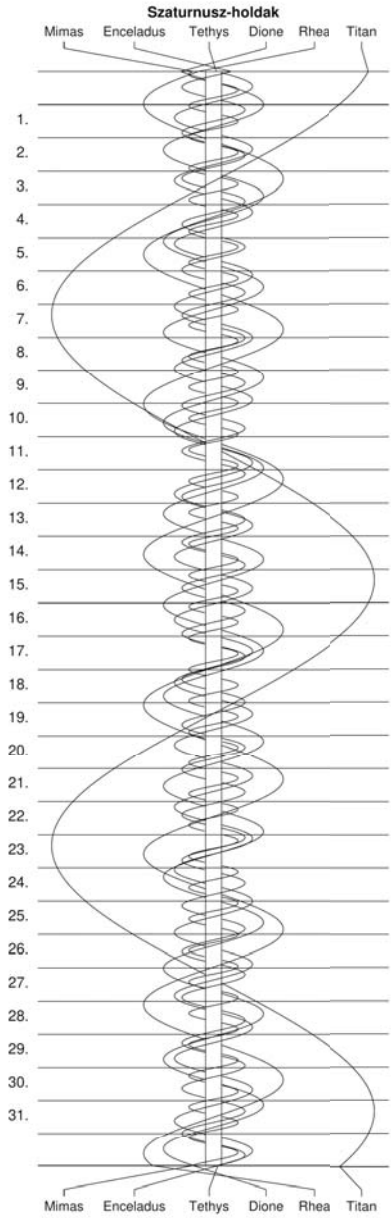
Március 13-ára esik újhold, ezért a március 12–15-i hosszú hétvégét javasoljuk idén a Messier-maraton „teljesítésére". Az észlelőakcióval kapcsolatban további információkat (térkép, javasolt észlelési sorrend) a Magyar Csillagászati Egyesület honlapján találunk (www.mcse.hu).

Jupiter-holdak

nap	UT h:m	hold	jelenség
3	4:46.5	Io	ek
30	3:49.7	Eorupa	áv

f = fogyatkozás: a hold a Jupiter árnyékában
á = átvonulás: a hold árnyéka a Jupiteren
e = előtte: a hold a Jupiter korongja előtt
m = mögötte: a hold a Jupiter korongja mögött
k = a jelenség kezdete
v = a jelenség vége


Jupiter-holdak
Io
Europa
Ganymedes
Callisto
1.
2.
3.
4.
5.
6.
7.
8.
9.
10.
11.
12.
13.
14.
15.
16.
17.
18.
19.
20.
21.
22.
23.
24.
25.
26.
27.
28.
29.
30.
31.
Io
Europa
Ganymedes
Callisto


Szaturnusz-holdak
Mimas
Enceladus
Tethys
Dione
Rhea
Titan
1.
2.
3.
4.
5.
6.
7.
8.
9.
10.
11.
12.
13.
14.
15.
16.
17.
18.
19.
20.
21.
22.
23.
24.
25.
26.
27.
28.
29.
30.
31.
Mimas
Enceladus
Tethys
Dione
Rhea
Titan

$\lambda = 19°$, $\varphi = 47{,}5°$

Kalendárium – április

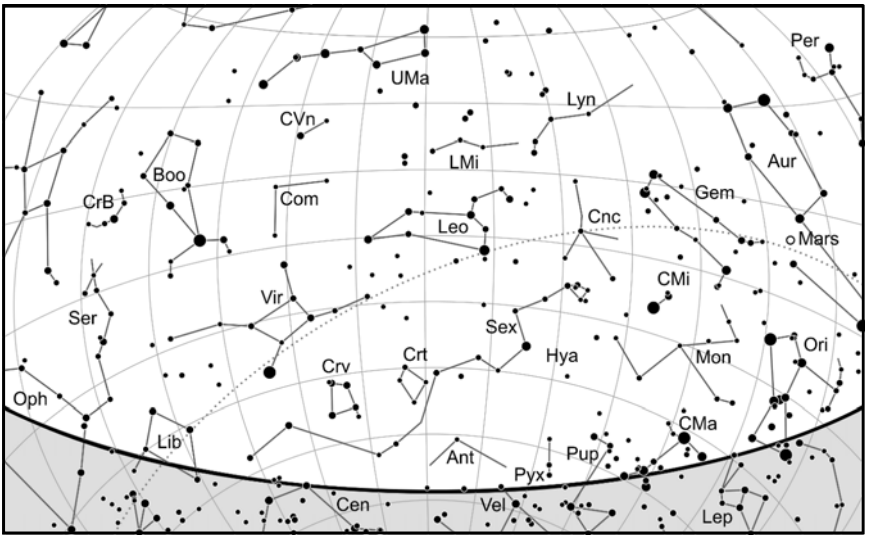
KÖZEI

dátum			Nap kel, h m	Nap delel, h m	Nap nyugszik, h m	h_d °	E_t m	Hold kel, h m	Hold delel, h m	Hold nyugszik, h m	fázis	h m
1.	cs	91.	5 22	11 47	18 14	47,2	-3,9	23 19	2 47	7 28		
2.	p	92.	5 20	11 47	18 15	47,6	-3,6	–	3 45	8 06		
3.	sz	93.	5 18	11 47	18 17	48,0	-3,3	0 35	4 45	8 53		
4.	v	94.	5 16	11 47	18 18	48,4	-3,0	1 41	5 45	9 50	◑	11 04
		14. hét										
5.	h	95.	5 14	11 46	18 19	48,8	-2,8	2 35	6 43	10 55		
6.	k	96.	5 12	11 46	18 21	49,1	-2,5	3 16	7 38	12 06		
7.	sz	97.	5 10	11 46	18 22	49,5	-2,2	3 49	8 29	13 17		
8.	cs	98.	5 08	11 45	18 24	49,9	-1,9	4 15	9 16	14 27		
9.	p	99.	5 06	11 45	18 25	50,3	-1,6	4 36	10 00	15 35		
10.	sz	100.	5 04	11 45	18 26	50,6	-1,4	4 55	10 43	16 42		
11.	v	101.	5 02	11 45	18 28	51,0	-1,1	5 12	11 24	17 47		
		15. hét										
12.	h	102.	5 00	11 44	18 29	51,4	-0,8	5 30	12 04	18 52	●	3 32
13.	k	103.	4 59	11 44	18 31	51,7	-0,6	5 48	12 46	19 57		
14.	sz	104.	4 57	11 44	18 32	52,1	-0,3	6 08	13 29	21 03		
15.	cs	105.	4 55	11 44	18 34	52,4	-0,1	6 31	14 13	22 08		
16.	p	106.	4 53	11 43	18 35	52,8	0,1	7 00	15 00	23 11		
17.	sz	107.	4 51	11 43	18 36	53,1	0,4	7 35	15 49	–		
18.	v	108.	4 49	11 43	18 38	53,5	0,6	8 19	16 41	0 10		
		16. hét										
19.	h	109.	4 47	11 43	18 39	53,8	0,8	9 12	17 33	1 03		
20.	k	110.	4 45	11 43	18 41	54,2	1,0	10 14	18 25	1 49	◐	7 59
21.	sz	111.	4 44	11 42	18 42	54,5	1,2	11 24	19 17	2 26		
22.	cs	112.	4 42	11 42	18 43	54,9	1,4	12 38	20 08	2 57		
23.	p	113.	4 40	11 42	18 45	55,2	1,6	13 55	20 59	3 24		
24.	sz	114.	4 38	11 42	18 46	55,5	1,8	15 15	21 49	3 47		
25.	v	115.	4 37	11 42	18 48	55,9	2,0	16 36	22 41	4 09		
		17. hét										
26.	h	116.	4 35	11 41	18 49	56,2	2,2	18 00	23 34	4 31		
27.	k	117.	4 33	11 41	18 50	56,5	2,3	19 26	–	4 55	○	4 33
28.	sz	118.	4 31	11 41	18 52	56,8	2,5	20 52	0 30	5 24		
29.	cs	119.	4 30	11 41	18 53	57,1	2,6	22 15	1 30	5 58		
30.	p	120.	4 28	11 41	18 54	57,4	2,7	23 29	2 31	6 42		

Április

nap	Julián dátum 12^h UT	θ_{gr} 0^h UT h m s	névnapok
1.	2 459 306	12 38 18	Hugó, Pál
2.	2 459 307	12 42 15	*Nagypéntek*; Áron, Ferenc, Mária, Tünde
3.	2 459 308	12 46 11	Buda, Richárd, Irén, Irina
4.	2 459 309	12 50 08	*Húsvét*; Izidor
14. hét			
5.	2 459 310	12 54 05	*Húsvét*; Vince, Irén, Irina, Julianna, Teodóra
6.	2 459 311	12 58 01	Vilmos, Bíborka, Dénes
7.	2 459 312	13 01 58	Herman, Armand, Ármin, Árpád, József, Mária
8.	2 459 313	13 05 54	Dénes, Júlia, Valter
9.	2 459 314	13 09 51	Erhard, Dusán, Vince
10.	2 459 315	13 13 47	Zsolt
11.	2 459 316	13 17 44	Leó, Szaniszló, Ariel, Glória, Leona
15. hét			
12.	2 459 317	13 21 40	Gyula, Csaba, Csanád, Szilárd
13.	2 459 318	13 25 37	Ida, Hermina, Martin, Márton
14.	2 459 319	13 29 34	Tibor, Benedek, Gusztáv, Lídia
15.	2 459 320	13 33 30	Anasztázia, Tas
16.	2 459 321	13 37 27	Csongor, Benedek, Bernadett, Enikő, József
17.	2 459 322	13 41 23	Rudolf, Anasztázia, Árnika, Csongor, Klára, Rezső
18.	2 459 323	13 45 20	Andrea, Ilma, Aladár, Hermina
16. hét			
19.	2 459 324	13 49 16	Emma, Malvin
20.	2 459 325	13 53 13	Tivadar, Aladár, Odett, Tihamér
21.	2 459 326	13 57 09	Konrád, Zsombor
22.	2 459 327	14 01 06	Csilla, Noémi
23.	2 459 328	14 05 03	Béla, Albert, Gellért, György, Ilona, Sándor
24.	2 459 329	14 08 59	György, Csaba, Debóra, Györgyi, Hunor, Melitta, Simon
25.	2 459 330	14 12 56	Márk, Ervin
17. hét			
26.	2 459 331	14 16 52	Ervin, Marcell, Mária, Tihamér
27.	2 459 332	14 20 49	Zita, Mariann, Marianna, Péter
28.	2 459 333	14 24 45	Valéria, Dorisz, Pál, Patrícia, Patrik, Teodóra
29.	2 459 334	14 28 42	Péter, Antónia, Kata, Katalin, Róbert, Roberta, Tihamér
30.	2 459 335	14 32 38	Katalin, Kitti, Hilda, Ildikó, Mariann, Tivadar, Zsófia

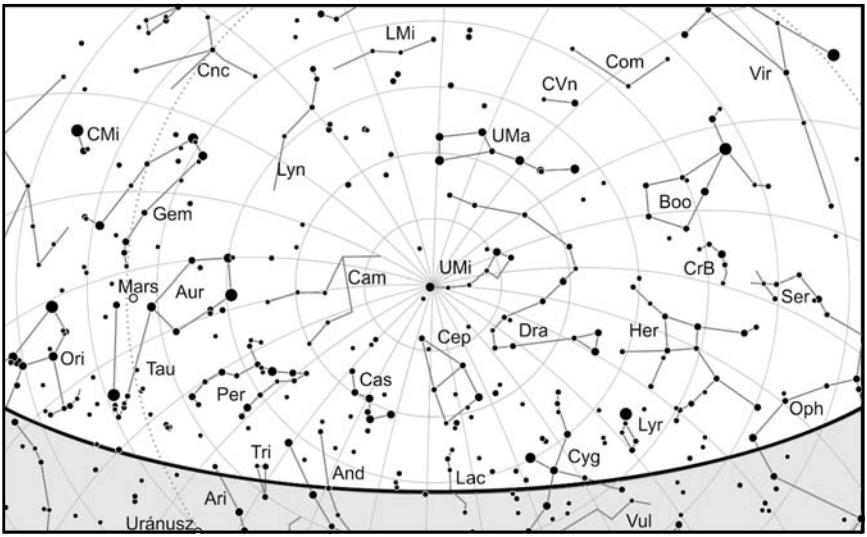
Az űrhajózás világnapja: április 12.



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

Bolygók

Merkúr: A hónap nagyobb részében a Nap közelsége miatt nem figyelhető meg. 19-én felső együttállásban van a Nappal. 24-én már megjelenik az esti nyugati ég alján, fél órával nyugszik a Nap után. Láthatósága gyorsan javul, 30-án már több mint egy órával a Napot követően nyugszik.
Vénusz: A hónap első felében még nem figyelhető meg a Nap közelsége miatt. 20-a után már kereshető napnyugta után a nyugati égen, ekkor fél órával nyugszik a Nap után. A hónap végére láthatósága fokozatosan javul, 30-án közel háromnegyed órával nyugszik a Napot követően. Fényessége -3,9^m, átmérője 9,7″-ről 9,8″-re nő, fázisa 0,999-ről 0,99-ra csökken.
Mars: Előretartó mozgást végez a Bika, majd 24-től az Ikrek csillagképben. Éjfél után nyugszik, az éjszaka első felében a nyugati égen látható, megtalálását vöröses fénye segíti. Fényessége egyre csökken, 1,3^m-ról 1,5^m-ra. Látszó átmérője 5,3″-ről 4,7″-re zsugorodik.
Jupiter: A Bak, majd 25-től a Vízöntő csillagképben végez előretartó mozgást. Hajnalban kel, a délkeleti ég alján figyelhető meg ragyogó, sárgásfehér színű égitestként. Fényessége -2,1^m, átmérője 36″.
Szaturnusz: Egyre lassuló, előretartó mozgást végez a Bak csillagképben. Kora hajnalban kel, alacsonyan látható a a délkeleti-déli égen. Fényessége 0,7^m, átmérője 16″.
Uránusz: A hónap legelején még lehet próbálkozni a felkeresésével napnyugta után a nyugati ég alján. Utána a Nap közelsége miatt nem figyelhető meg. 30-án együttállásban van a Nappal. Továbbra is előretartó mozgást végez a Kos csillagképben.
Neptunusz: A hónap döntő részében nem figyelhető meg. Az utolsó napokban már megkísérelhető felkeresése a Vízöntő csillagképben, ahol továbbra is előretartó mozgást végez.



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

Eseménynaptár (UT)

Dátum	Idő	Esemény
04.01	01:06	a 85,2%-os, csökkenő fázisú holdkorong peremétől 2' 57"-re DNy-ra látható a 41 Librae (5,4 magnitúdós)
04.01	02:51	a 84,6%-os, csökkenő fázisú holdkorong peremétől 5' 37"-re DNy-ra látható a κ Librae (4,8 magnitúdós)
04.04	15:03	a (9) Metis kisbolygó oppozícióban (9,5 magnitúdós, Szűz csillagkép)
04.06	02:19	a 7P/Pons-Winnecke üstökös 7'-cel DNy-ra látható a 71 Oph-tól (4,6 magnitúdós)
04.07	17:07	a Hold maximális librációja (l = 5,94°, b = 6,45°, 18,0%-os, csökkenő holdfázis)
04.14	17:58	a Hold földtávolban (406 139 km, látszó átmérő: 29'25", 6,2%-os, növekvő holdfázis)
04.14	21:09	a (8) Flora kisbolygó (11,1 magnitúdós) 8'-cel északra látható a 108 Tau-tól (6,3 magnitúdós)
04.15	01:54	a Hold minimális librációja (l = -1,55°, b = 1,66°, 7,8%-os, növekvő holdfázis)
04.17	11:32	a Mars 38'-cel északra látható a 23,8%-os, növekvő fázisú Holdtól a nappali égen 61°-os elongációban a Naptól
04.17	18:13	a Mars 2,4°-ra nyugatra látható a 26,1%-os, növekvő fázisú Holdtól az esti szürkületben a Bika csillagképben
04.17	20:33	a Hold súrolva fedi a SAO 77790-et az északi pereme mentén (7,4 magnitúdós, 26,6%-os, növekvő holdfázis) a Bika csillagképben
04.17	21:52	a 27,4%-os, növekvő fázisú Holdtól 1,7° távolságra keletre látható az M35 nyílthalmaz (NGC 2168, 5,3 magnitúdós) az Ikrek csillagképben

Dátum	Idő	Esemény
04.19	18:51	a Marstól 18,8'-cel délre látható a 132 Tau (4,9 magnitúdós) az esti szürkületben
04.20	21:47	az 56,4%-os, növekvő fázisú Holdtól 2,5° távolságra délre látható a Jászol nyílthalmaz (M44, 3,1 magnitúdós) a Rák csillagképben
04.21	19:46	a (18) Melpomene kisbolygó (11,5 magnitúdós) 10'-cel északra látható a δ Cnc-től (3,9 magnitúdós)
04.22	06:36	a Hold maximális librációja (l = -7,86°, b = -6,47°, 70,3%-os, növekvő holdfázis)
04.22	13:00	A Lyridák meteorraj maximuma (ZHR = 15)
04.22	22:05	a Mars eléri legnagyobb deklinációját +24° 54'-nél a Bika csillagképben
04.23	22:12	a (28) Bellona kisbolygó oppozícióban (10,8 magnitúdós, Szűz csillagkép)
04.24	01:33	a 7P/Pons-Winnecke üstökös 36'-cel nyugatra látható a 19 Aql-tól (5,2 magnitúdós)
04.24	10:00	a (69) Hesperia kisbolygó oppozícióban (10,8 magnitúdós, Szűz csillagkép)
04.25	17:15	a Merkúrtól 1,1° távolságra a Vénusz a nappali égen, 8°-os elongációban a Naptól
04.26	20:51	a Marstól 37,2'-cel délre látható az M35 nyílthalmaz (NGC 2168, 5,3 magnitúdós) az Ikrek csillagképben
04.26	22:50	a 7P/Pons-Winnecke üstökös 20'-cel északra látható a 22 Aql-tól (5,6 magnitúdós)
04.26	22:51	a (230) Athamantis kisbolygó (11,0 magnitúdós) 21'-cel ÉK-re látható az M80 gömbhalmaztól (NGC 6093, 7,3 magnitúdós) a Skorpió csillagképben
04.27	15:29	a Hold földközelben (357373 km, látszó átmérő: 33'26", 99,6%-os, csökkenő holdfázis)
04.28	11:02	a Hold minimális librációja (l = 1,49°, b = -1,66°, 97,4%-os, csökkenő holdfázis)

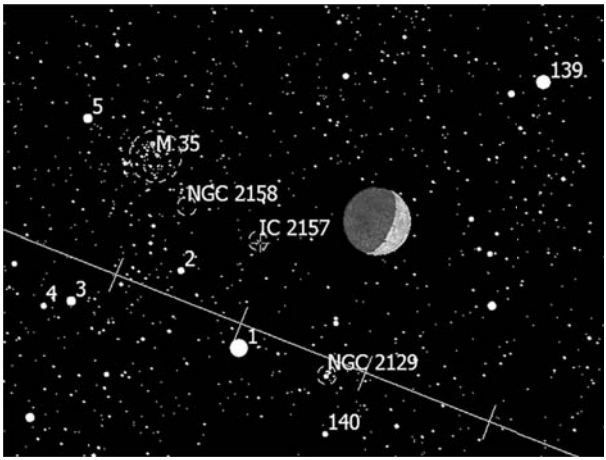
Együttállások

Április 2-án a Mars a nagy kiterjedésű, laza szerkezetű NGC 1746 nyílthalmaz (Bika csillagkép) mellett jár, 18:28 UT-kor a halmaz középpontjától szűk fél fokra (28,9′-re) fok tartózkodni. A laza halmaz voltaképp két, eltérő távolságban lévő csillagcsoport (az NGC 1750 és 1758) együttese, amelyekre néhány előtércsillag is vetül. Az 50 fok magasan látszó páros észlelése és megörökítése izgalmas feladatnak ígérkezik.

Április 17-én (21:52 UT) a Hold alig 1,7 fokra közelíti meg az M35-öt. Másik három nyílthalmaz is a közelben helyezkedik el, így nagy látószögű teleobjektívekkel igazán különleges együttállást fotózhatunk. Az NGC 2129 jelű 7 magnitúdós sűrű, kompakt halmaz a Hold peremétől 56′-cel délre lesz látható, a 8,4 magnitúdós IC 2157 pedig 38′-cel délkelet felé helyezkedik el. Az NGC 2129 7200 fényévre van tőlünk, kora mindössze 10 millió év.

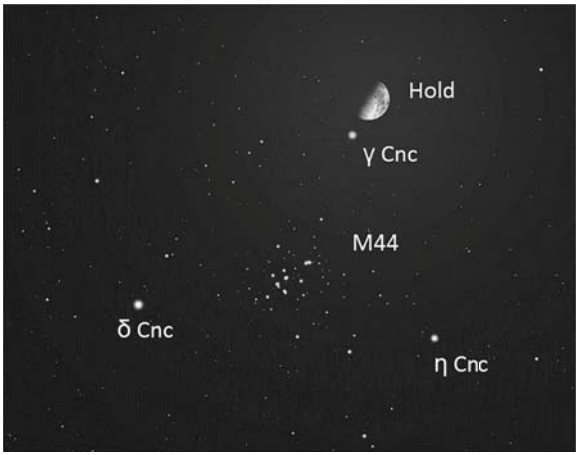
A holdperemtől 70 ívperc távolságban lesz majd az NGC 2158, és másfél fokra az M35 centruma. Az M35 egyike a legszebb téli nyílthalmazoknak, egyúttal a Messier-objektumok között is kiemelkedő szépségű. A 2700-2800 fényévre lévő, 100 millió éves csillaghalmaz nagyjából 120 tagot számlál.

Az NGC 2158 sok tekintetben átmenetet képez a nyílt- és gömbhalmazok között, talán ez Tejútrendszerünk egyik legsűrűbb nyílthalmaza. A 8,6 magnitúdós, 5′-es, diffúz foltocska kis távcsövekkel valóban egy felbontatlan gömbhalmaznak tűnik. Nagyon messze, a Galaxis peremén található, mintegy 16500 fényévre tőlünk, kora pedig 1,1 milliárd év körüli.



A Hold és az M35, NGC 2129, NGC 2158 és IC 2157 jelű nyílthalmazok együttállása 2021. április 17-én (a térkép határfényessége kb. 11 magnitúdó)

Április 20-án (21:47 UT) Holdunk alig 2,5 fokkal északnyugatra lesz látható az M44 (Praesepe, Jászol/Méhkas) nyílthalmaztól. A késő éjszakai közelítés során az első negyedben lévő (56%-os) Hold néhány ívperccel a γ Cancritól északra fog tartózkodni. A halmaz csillagai már binokulárokkal is jól kivehetőek lesznek, a párost teleobjektívekkel célszerű fotózni.

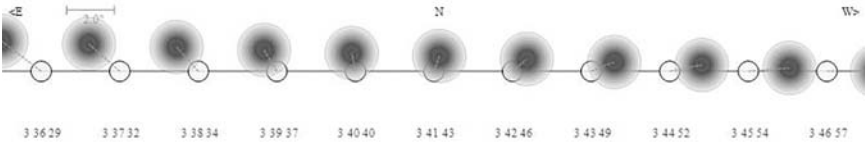


A Hold és az M44 együttállása 2021. április 20-án

Április 26-án a Marsot már az M35 és az NGC 2158 nyílthalmazok párosa mellett találjuk, hozzávetőleg 20:00 UT-kor előbbi központjától 37, utóbbiétól 47 ívpercre lesz észlelhető.

A Galilei-holdak kölcsönös jelenségei áprilisban

A hónap legnagyobb fényességcsökkenéssel járó eseménye az április 1-jei fogyatkozás. Hajnalban egy gyors lefolyású eseményt láthatunk, mindössze 8 perc alatt az Europa hold részlegesen bekerül a Ganymedes árnyékkúpjába, és el is hagyja azt. A hold kényelmes, 43″-es távolságban van a korongtól, egyetlen hátrány a Jupiter 6 fokos horizont feletti magassága, azaz éppen kel az óriásbolygó.



Az Europa hold mozgása a Ganymedes árnyékkúpjához képest. (Occult v.4.10.5)

Dátum		kezdete			vége			típus	idő-tar-tam	centr táv(″)	Δm	Jupiter	Jup	Nap	hold fázisa
hó	nap	h	m	s	h	m	s						alt.	alt.	
4	1	3	37	59	3	45	42	3E2	7,7	0,420	0,465	43,62	6	-8	0,736
4	4	5	26	21	5	31	2	1E2	4,7	0,396	0,506	57,38	21	11	0,510
4	12	4	16	38	4	42	54	1E4	26,3	0,098	0,483	8,43	17	1	0,023
4	17	3	9	17	3	13	26	2E1	4,1	0,692	0,170	69,39	10	-7	0,307
4	27	2	34	7	2	40	46	2E3	6,7	0,696	0,162	51,73	11	-9	0,983

A táblázat oszlopainak magyarázata a márciusi előrejelzésnél található

Csillagfedések

dátum		UT			J	csillag No		Hold	Nap	Hold	pozíció		korrekció	
hó	nap	h	m	s			m_v	fázis	h	h	CA	PA	a	b
04	4	6	21	15,4	D	2750	2,1	52-	20	14	-90N	85	+1,5	-0,6
04	4	7	35	24,3	r	2750	2,1	52-	32	7	87S	261	+1,1	-1,0
04	14	19	28	28,9	d	93441	8,1	6+		4	69S	101	–0,4	-1,6
04	15	20	48	20	D	628	4,9	12+		2	10N	2	+2,3	+5,5
04	16	19	42	27,8	D	761	6,7	18+		21	61N	55	+0,5	-0,5
04	16	19	44	9,0	d	76956	8,9	18+		21	69S	106	+0,0	-1,9
04	17	14	22	35,2	d	882	5,0	25+	31	67	73N	72	+1,8	+1,0
04	17	19	34	50,5	D	77769	7,2	26+		32	83N	82	+0,6	-1,3
04	17	19	46	51,8	d	77776	7,9	26+		30	81N	80	+0,5	-1,2
04	17	19	47	17,4	d	77770	8,4	26+		30	41N	40	+1,2	+0,3
04	17	20	26	31,6	d	77790	7,4	26+		23	19N	18	+2,3	+3,1
04	18	15	3	59,5	D	1030	3,1	34+	25	67	76S	108	+1,9	-0,5
04	18	16	26	48,4	R	1030	3,1	34+	11	66	-69S	253	+1,9	+0,4
04	18	22	0	18,6	d	78885	7,6	36+		17	60N	65	+0,2	-0,9
04	18	22	17	26,8	d	78898	7,9	36+		14	67N	72	+0,0	-1,0

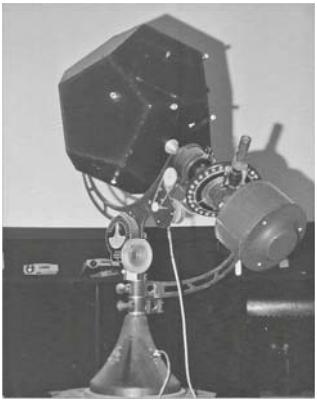
dátum		UT			J	csillag No		Hold	Nap	Hold	pozíció		korrekció	
hó	nap	h	m	s			m_v	fázis	h	h	CA	PA	a	b
04	18	22	30	26,5	d	1058	6,8	36+		12	33S	152	-0,9	-2,5
04	19	18	29	46,2	D	1168	7,1	45+	-9	58	52S	137	+0,9	-2,7
04	19	18	34	20,4	D	1170	3,6	45+	-9	57	87N	96	+1,5	-1,2
04	19	19	49	18,3	R	1170	3,6	45+		46	-77N	293	+0,8	-1,9
04	19	21	31	55,0	d	79724	7,8	46+		29	37N	47	+1,2	-0,1
04	19	21	57	26,3	d	79739	7,1	46+		25	52N	62	+0,6	-0,8
04	22	18	45	0,6	d	1532	7,6	75+	-10	57	53N	77	+2,1	+0,8
04	22	19	20	27,5	D	1535	6,9	76+		57	55S	149	+1,0	-2,1
04	22	21	11	32,6	D	1544	5,4	76+		49	72N	96	+1,4	-1,1
04	23	18	50	48,8	D	1647	6,7	85+	-11	49	90N	117	+1,4	-0,4
04	23	21	44	19,1	D	1659	6,7	85+		46	47N	74	+2,1	-0,3
04	27	22	4	48,8	R	2159	5,2	99-		24	79N	291	+1,3	+0,2
04	27	22	11	23,1	r	2160	6,4	99-		24	59S	249	+2,1	+1,3
04	28	21	4	16,2	R	2307	3,9	95-		9	17N	354	-0,5	-1,6
04	28	21	40	50,2	R	2310	4,3	95-		13	52N	319	+0,5	+0,0
04	29	0	45	26,3	r	2327	6,7	95-		21	28N	343	+0,8	-1,4
04	30	2	16	27,5	d	2500	3,3	87-	-11	17	-74N	80	+1,7	-0,2
04	30	3	8	58,8	r	2499	6,4	87-	-4	15	48N	318	+1,5	-1,4
04	30	3	26	27,7	R	2500	3,3	87-	-1	13	68N	298	+1,5	-1,2

Évforduló

50 éve halt meg Armand Neustadter Spitz

Armand N. Spitz 1904. július 7-én született Philadelphiában. Beiratkozott a University of Pennsylvaniára és a University of Cincinnatire is, de egyiket se fejezte be. Újságíróként dolgozott, és a philadelphiai Franklin Institute-ban önkéntesként segédkezett, önképzéssel pedig meteorológiát és csillagászatot tanult.

Az 1930-as és 1940-es években az USA-ban drága Zeiss-planetáriumok voltak, és ezekből is kevés. Spitznek nagyon tetszettek a planetáriumi előadások, és úgy érezte, minél több ember – köztük iskolások – számára lehetővé kell tenni az ilyen események látogatását. Ehhez viszont sok és olcsó planetárium kell. Spitz először megjelentetett egy könyvet, amelynek kivágható melléklete mintegy planetáriumként szolgált (The Pinpoint Planetarium, Holt, 1940). Utána pedig konstruált is planetáriumokat – ezek kicsik és olcsók voltak (gömb helyett egy dodekaéder volt a projektor). Ezek az eszközök sikeresek voltak – még az egyiptomi király is vett belőlük –, így Spitz nem állt le a fejlesztéssel, és újabb és jobb modellekkel jelent meg a piacon.



Az első szputnyikok indítása után részt vett a Moonwatch-program megszervezésében. Ennek keretein belül amatőr csillagászok százai lesték az eget, próbálva megfigyelni az első műholdakat. Fred L. Whipple (1906–2004), a neves harvardi csillagász pedig az 1957-58-as Nemzetközi Geofizikai Év keretein belül foglalkoztatta ezeket a megfigyelőket.

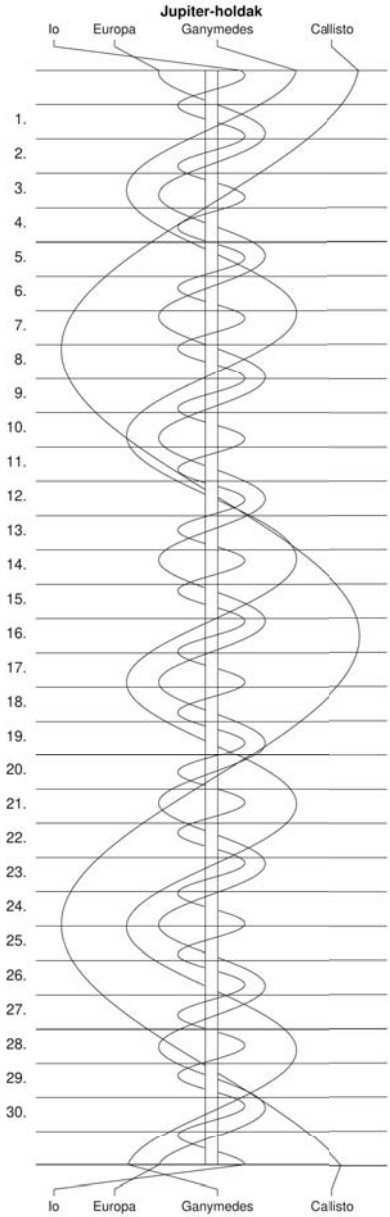
Spitz több könyvet is írt. Több kiadást ért meg, és jó kritikákat kapott *A Start in Meteorology* (Henley, 1942) című ismeretterjesztő műve. Hasonlóan sikeres volt a Frank Gaynorral közösen kiadott *Dictionary of Astronomy and Astronautics* (Philosophical Library, 1959) is.

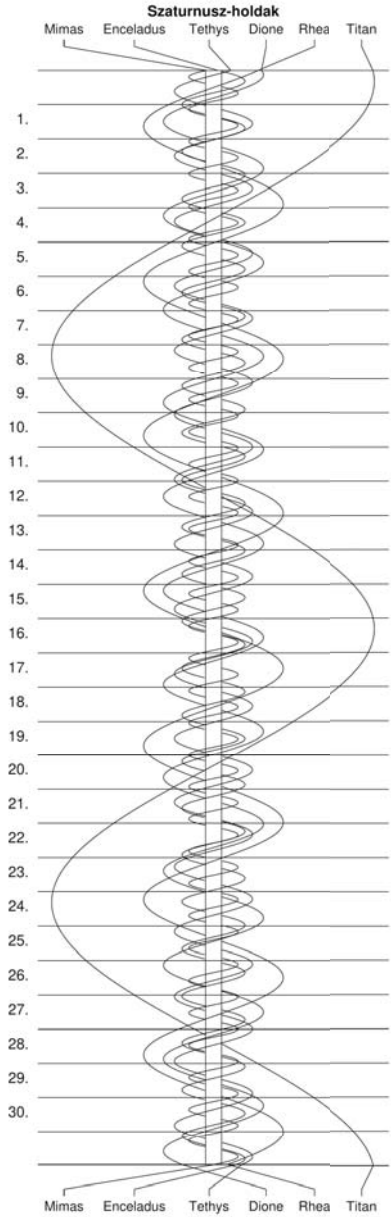
Munkája elismeréseként tiszteletbeli doktori fokozatot kapott egy Ohio állambeli kisebb egyetemtől. 1961-ben ment nyugdíjba, és 1971. április 14-én halt meg a Virginia állambeli Fairfaxban. Nevét őrzi a (10966) Armandspitz kisbolygó.

Jupiter-holdak

nap	UT h:m	hold	jelenség
3	3:36.3	Io	fk
4	3:02.7	Io	áv
6	3:32.7	Europa	ák
8	2:46.0	Europa	mv
11	2:39.2	Io	ák
12	3:25.2	Io	mv
19	1:52.7	Io	fk
20	2:30.1	Io	ev
	2:54.7	Callisto	ák
22	2:52.9	Europa	fk
23	2:17.7	Ganymedes	áv
27	2:10.1	Io	ek
28	1:49.7	Io	mv
30	2:40.3	Ganymedes	ák

f = fogyatkozás: a hold a Jupiter árnyékában
á = átvonulás: a hold árnyéka a Jupiteren
e = előtte: a hold a Jupiter korongja előtt
m = mögötte: a hold a Jupiter korongja mögött
k = a jelenség kezdete
v = a jelenség vége


Jupiter-holdak
Io
Europa
Ganymedes
Callisto
1.
2.
3.
4.
5.
6.
7.
8.
9.
10.
11.
12.
13.
14.
15.
16.
17.
18.
19.
20.
21.
22.
23.
24.
25.
26.
27.
28.
29.
30.
Io
Europa
Ganymedes
Callisto


Szaturnusz-holdak
Mimas
Enceladus
Tethys
Dione
Rhea
Titan
1.
2.
3.
4.
5.
6.
7.
8.
9.
10.
11.
12.
13.
14.
15.
16.
17.
18.
19.
20.
21.
22.
23.
24.
25.
26.
27.
28.
29.
30.
Mimas
Enceladus
Tethys
Dione
Rhea
Titan

$\lambda = 19°$, $\varphi = 47{,}5°$

Kalendárium – május

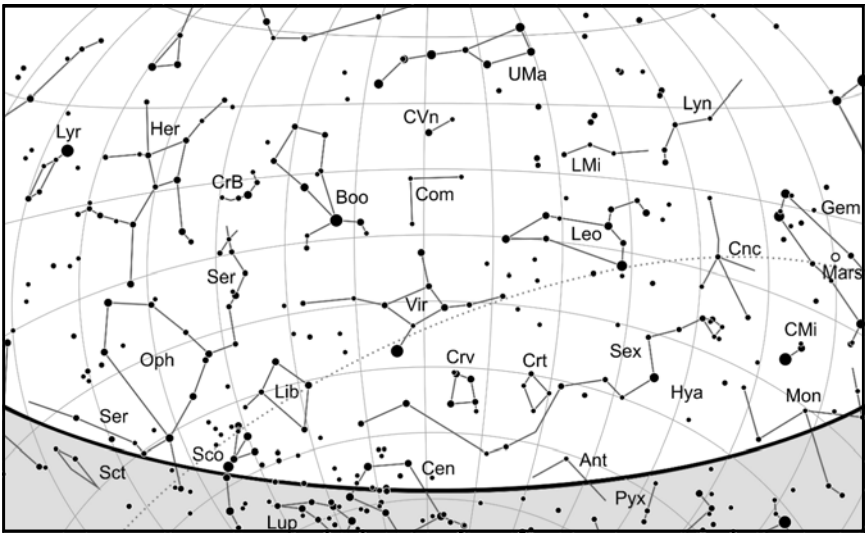
KÖZEI

dátum			Nap kel, h m	Nap delel, h m	Nap nyugszik, h m	h_d °	E_t m	Hold kel, h m	Hold delel, h m	Hold nyugszik, h m	fázis	h m
1.	sz	121.	4 26	11 41	18 56	57,7	2,9	–	3 34	7 37		
2.	v	122.	4 25	11 41	18 57	58,0	3,0	0 30	4 35	8 43		
		18. hét										
3.	h	123.	4 23	11 40	18 59	58,3	3,1	1 17	5 33	9 54	◑	20 51
4.	k	124.	4 22	11 40	19 00	58,6	3,2	1 53	6 26	11 06		
5.	sz	125.	4 20	11 40	19 01	58,9	3,3	2 21	7 15	12 18		
6.	cs	126.	4 19	11 40	19 03	59,2	3,4	2 43	8 00	13 27		
7.	p	127.	4 17	11 40	19 04	59,5	3,4	3 02	8 42	14 34		
8.	sz	128.	4 16	11 40	19 05	59,7	3,5	3 20	9 23	15 39		
9.	v	129.	4 14	11 40	19 07	60,0	3,5	3 37	10 04	16 44		
		19. hét										
10.	h	130.	4 13	11 40	19 08	60,2	3,6	3 54	10 45	17 48		
11.	k	131.	4 12	11 40	19 09	60,5	3,6	4 13	11 27	18 54	●	20 01
12.	sz	132.	4 10	11 40	19 11	60,8	3,6	4 35	12 11	19 59		
13.	cs	133.	4 09	11 40	19 12	61,0	3,6	5 02	12 57	21 03		
14.	p	134.	4 08	11 40	19 13	61,2	3,6	5 35	13 46	22 04		
15.	sz	135.	4 06	11 40	19 15	61,5	3,6	6 15	14 36	23 00		
16.	v	136.	4 05	11 40	19 16	61,7	3,6	7 05	15 28	23 47		
		20. hét										
17.	h	137.	4 04	11 40	19 17	61,9	3,6	8 04	16 20	–		
18.	k	138.	4 03	11 40	19 18	62,2	3,6	9 10	17 11	0 27		
19.	sz	139.	4 02	11 40	19 19	62,4	3,5	10 21	18 01	0 59	◐	20 13
20.	cs	140.	4 00	11 40	19 21	62,6	3,5	11 35	18 50	1 26		
21.	p	141.	3 59	11 40	19 22	62,8	3,4	12 51	19 38	1 50		
22.	sz	142.	3 58	11 40	19 23	63,0	3,3	14 08	20 27	2 11		
23.	v	143.	3 57	11 40	19 24	63,2	3,3	15 29	21 18	2 32		
		21. hét										
24.	h	144.	3 56	11 40	19 25	63,4	3,2	16 52	22 12	2 54		
25.	k	145.	3 55	11 41	19 26	63,5	3,1	18 18	23 09	3 20		
26.	sz	146.	3 55	11 41	19 27	63,7	3,0	19 45	–	3 50	○	12 15
27.	cs	147.	3 54	11 41	19 28	63,9	2,9	21 06	0 11	4 30		
28.	p	148.	3 53	11 41	19 30	64,0	2,7	22 16	1 15	5 20		
29.	sz	149.	3 52	11 41	19 31	64,2	2,6	23 11	2 19	6 23		
30.	v	150.	3 51	11 41	19 32	64,3	2,5	23 52	3 20	7 35		
		22. hét										
31.	h	151.	3 51	11 41	19 32	64,5	2,3	–	4 17	8 50		

Május

nap	Julián dátum 12^h UT	θ_{gr} 0^h UT h m s	névnapok
1.	2 459 336	14 36 35	*A munka ünnepe*; Fülöp, Jakab, Benedek, Berta, József
2.	2 459 337	14 40 32	Zsigmond, Ráhel
18. hét			
3.	2 459 338	14 44 28	Tímea, Irma, Antónia, Jakab, Sándor, Viola, Zsaklin
4.	2 459 339	14 48 25	Mónika, Flórián, Amália, Antónia, László
5.	2 459 340	14 52 21	Györgyi, Erna, Irén, Irina, Judit, Viola
6.	2 459 341	14 56 18	Ivett, Frida, Ditta, Friderika, Ida, János, Judit, Tamara
7.	2 459 342	15 00 14	Gizella, Dalma
8.	2 459 343	15 04 11	Mihály, Géza, Győző, Péter
9.	2 459 344	15 08 07	Gergely, Édua, Gergő, György, Karola, Kristóf, Sarolta
19. hét			
10.	2 459 345	15 12 04	Ármin, Pálma, Antónia, Armand, Míra
11.	2 459 346	15 16 01	Ferenc, Jakab
12.	2 459 347	15 19 57	Pongrác, Dalma, Gyöngyi, Johanna, Viktor
13.	2 459 348	15 23 54	Szervác, Imola, Fatima, Gellért, Glória, Róbert, Roberta
14.	2 459 349	15 27 50	Bonifác, Aglája, Gyöngyi, Julianna
15.	2 459 350	15 31 47	Zsófia, Szonja, Döníz, Izóra, János
16.	2 459 351	15 35 43	Mózes, Botond, János, Simon
20. hét			
17.	2 459 352	15 39 40	Paszkál, Andor
18.	2 459 353	15 43 36	Erik, Alexandra, Erika, Kamilla, Klaudia, Szandra
19.	2 459 354	15 47 33	Ivó, Milán
20.	2 459 355	15 51 30	Bernát, Felícia, Hanna, Johanna
21.	2 459 356	15 55 26	Konstantin, András, Mirella
22.	2 459 357	15 59 23	Júlia, Rita, Emil, Julianna, Renáta
23.	2 459 358	16 03 19	*Pünkösd*; Dezső, Renáta, Vilmos
21. hét			
24.	2 459 359	16 07 16	*Pünkösd;* Eszter, Eliza, Mária, Simon, Szimonetta, Vince, Zsófia
25.	2 459 360	16 11 12	Orbán, Gergely, Gergő, György, Magdolna, Márk
26.	2 459 361	16 15 09	Fülöp, Evelin, Aladár, Gyöngyvér
27.	2 459 362	16 19 05	Hella, Ágoston, Gyula
28.	2 459 363	16 23 02	Emil, Csanád, Ágoston, Vilma, Vilmos
29.	2 459 364	16 26 59	Magdolna, Mária
30.	2 459 365	16 30 55	Janka, Zsanett, Dezső, Hanna, Johanna, Nándor
22. hét			
31.	2 459 366	16 34 52	Angéla, Petronella, Mária, Matild

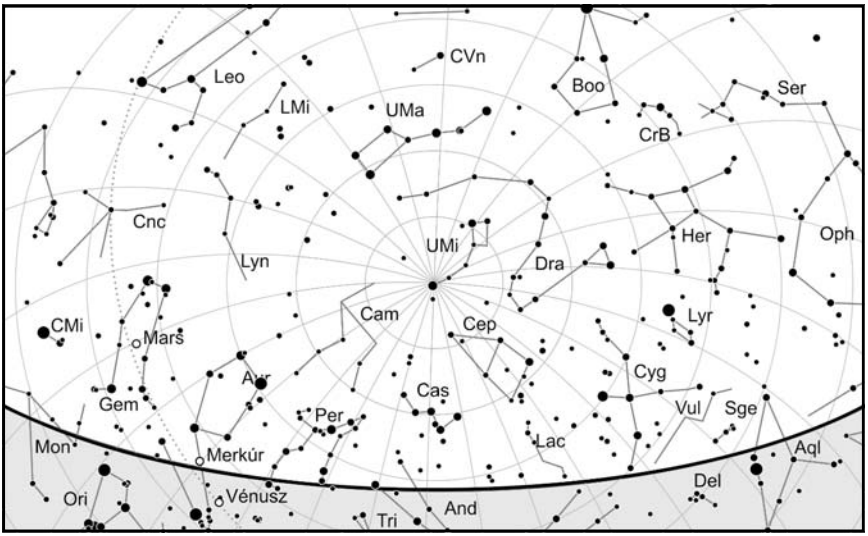
A csillagászat napja: május 15.



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

Bolygók

Merkúr: Egész hónapban jól látható az esti északnyugati égen. A hónap elején bő egy órával nyugszik a Nap után. 17-én van legnagyobb keleti kitérésben, 22°-ra a Naptól. Ekkor két órával a Nap után nyugszik, ez az esti megfigyelésre legjobb helyzete idén. 20-a után láthatósága lassan romlik, május végén már csak egy órával később nyugszik, mint a Nap.
Vénusz: Este látható a nyugati égen. Láthatósága fokozatosan javul, a hónap elején még majdnem háromnegyed órával nyugszik a Nap után. Ez az érték május végére majdnem másfél órára nő. Fényessége -3,9^m, fázisa 0,99-ról 0,95-ra csökken, átmérője 9,8″-ről 10,3″-re nő.
Mars: Előretartó mozgást végez az Ikrek csillagképben. Éjfél körül nyugszik, az éjszaka első felében látható a nyugati égen mint vörös fényű égitest. Fényessége 1,5^m-ról 1,7^m-ra, látszó átmérője 4,6″-ről 4,2″-re csökken.
Jupiter: Előretartó mozgást végez a Vízöntő csillagképben, de mozgása a hónap második felében fokozatosan lassul. Kora hajnalban kel, hajnalban látható a délkeleti égen mint ragyogó fényű égitest. Fényessége -2,3^m, átmérője 39″.
Szaturnusz: Kezdetben előretartó, majd 23-ától hátráló mozgást végez a Bak csillagképben. Éjfél után kel, az éjszaka második részében figyelhető meg alacsonyan a déli égen. Fényessége 0,6^m, átmérője 17″.
Uránusz: A hónap legvégén újra kereshető, hajnalban kel. Napkelte előtt a délkeleti ég alján látszik, közel a látóhatárhoz. Előretartó mozgást végez a Kos csillagképben.
Neptunusz: Hajnalban kel. A szürkületben kereshető a Vízöntő csillagképben, a délkeleti látóhatár közelében. Előretartó mozgása lassulni kezd.



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

Eseménynaptár (UT)

Dátum	Idő	Esemény
05.01	01:33	a (9) Metis kisbolygó (10,1 magnitúdós) 15'-cel északra látható az NGC 4632 galaxistól (10,6 magnitúdós) a Szűz csillagképben
05.04	23:13	a Hold maximális librációja (l = 7,06°, b = 6,62°, 38,3%-os, csökkenő holdfázis)
05.05	02:37	a Jupiter 5,5°-ra ÉNy-ra látható a 36,8%-os, csökkenő fázisú Holdtól a hajnali szürkületben a Vízöntő csillagképben
05.06	3:00	Az Éta Aquaridák meteorraj maximuma (ZHR = 50)
05.06	20:21	a (8) Flora kisbolygó (11,2 magnitúdós) 13'-cel északra látható az 1 Gem-től (4,2 magnitúdós)
05.07	20:33	a (8) Flora kisbolygó (11,2 magnitúdós) 10'-cel délre látható a 2 Gem-től (6,7 magnitúdós)
05.08	23:53	a (12) Victoria kisbolygó (10,5 magnitúdós) 14'-cel DK-re látható a ξ^2 Cap-tól (5,8 magnitúdós)
05.10	19:35	a Marstól 43,1'-cel északra látható az ε Gem (3,1 magnitúdós) az esti szürkületben
05.11	01:01	a (37) Fides kisbolygó oppozícióban (11,3 magnitúdós, Mérleg csillagkép)
05.11	19:01	újhold (a Hold a Kos csillagképben, látszó átmérője 29' 24"), a 2021-es év legkisebb újholdja
05.11	21:28	a (3) Juno kisbolygó (10,4 magnitúdós) 29'-cel délre látható az NGC 6366 gömbhalmaztól (9,5 magnitúdós) a Kígyótartó csillagképben
05.11	22:10	a Hold földtávolban (406 513 km, látszó átmérő: 29'23", 0,0%-os, növekvő holdfázis)

Dátum	Idő	Esemény
05.11	23:12	a 7P/Pons-Winnecke üstökös 48'-cel északra látható a θ Aql-tól (3,2 magnitúdós)
05.11	23:42	a (12) Victoria kisbolygó (10,5 magnitúdós) 7'-cel ÉK-re látható a 3 Cap-tól (6,3 magnitúdós)
05.12	05:28	a Merkúr dichotómiája (21,1°-os keleti elongáció, 7,1" látszó átmérő)
05.12	15:28	a Hold minimális librációja (l = -1,12°, b = 1,15°, 0,7%-os, növekvő holdfázis)
05.12	18:51	a Vénusz 2,6°-ra ÉK-re látható a 0,9%-os, növekvő fázisú Holdtól az esti szürkületben a Bika csillagképben
05.13	18:53	a Merkúr 2,7°-ra északra látható a 3,5%-os, növekvő fázisú Holdtól az esti szürkületben a Bika csillagképben
05.13	23:18	a (29) Amphitrite kisbolygó (10,9 magnitúdós) 2'-cel ÉNy-ra látható a Regulustól (α Leo, 1,4 magnitúdós)
05.14	20:42	a (15) Eunomia kisbolygó (10,7 magnitúdós) 7'-cel ÉK-re látható a 27 Cnc-tól (5,6 magnitúdós)
05.15	20:41	a Mars 4,6°-ra keletre látható a 14,3%-os, növekvő fázisú Holdtól az Ikrek csillagképben
05.17	05:54	a Merkúr legnagyobb keleti elongációja (22,0°, 0,5 magnitúdós, 8,0" átmérő, 37% fázis, Bika csillagkép)
05.17	23:24	a 7P/Pons-Winnecke üstökös 29'-cel délre látható a 70 Aql-tól (4,9 magnitúdós)
05.20	02:53	a Hold maximális librációja (l = -7,78°, b = -6,76°, 53,5%-os, növekvő holdfázis)
05.20	22:54	a (9) Metis kisbolygó (10,1 magnitúdós) 9'-cel északra látható az NGC 4536 galaxistól (10,6 magnitúdós) a Szűz csillagképben
05.20	23:34	a 7P/Pons-Winnecke üstökös 25'-cel északra látható a 3 Aqr-tól (4,4 magnitúdós)
05.21	00:07	az (5) Astraea kisbolygó (11,2 magnitúdós) 25'-cel délre látható az Omega-ködtől (M17, 6,0 magnitúdós) a Nyilas csillagképben
05.22	00:21	a 7P/Pons-Winnecke üstökös 18'-cel északra látható az 5 Aqr-tól (5,6 magnitúdós)
05.26	01:56	a Hold földközelben (357314 km, látszó átmérő: 33'26", 99,8%-os, növekvő holdfázis)
05.26	09:45	a Hold minimális librációja (l = 0,68°, b = -0,74°, 100,0%-os, csökkenő holdfázis)
05.26	11:14	telehold (a Hold a Skorpió csillagképben, látszó átmérője 33' 26"), a 2021-es év legnagyobb teleholdja
05.26	17:53	a (128) Nemesis kisbolygó oppozícióban (11,3 magnitúdós, Skorpió csillagkép)
05.26	23:09	a 99,6%-os, csökkenő fázisú holdkorong peremétől 1' 47"-re északra látható a 15 Ophiuchi (7,0 magnitúdós)
05.28	19:13	a Merkúr és a Vénusz 33,8'-es közelsége az esti szürkületben a Bika csillagképben
05.30	00:00	a 7P/Pons-Winnecke üstökös 26'-cel DNy-ra látható a 19 Aqr-tól (5,7 magnitúdós)
05.31	02:07	a Szaturnusz 5,0°-ra északra látható a 72,7%-os, csökkenő fázisú Holdtól a hajnali szürkületben a Bak csillagképben

Együttállások

Május 13-án este (18:55 UT körül) a még erősen világos égen kereshetjük fel a 0,3 magnitúdós, 10 fok magasan tartózkodó Merkúrtól 2,5 fokra lévő, alig 3,3%-os holdsarlót. Ha igen jó a horizontunk és a légkör átlátszósága, akkor esély lehet a 2 fok magasan a horizont felett „táncoló" Vénusz észrevételére is (derékszögű háromszöget alkot a Merkúrral és a Holddal).

A két belső bolygó ezután gyorsan közeledik egymáshoz, két héttel később pedig nagyon szoros együttállásukat észlelhetjük – ez lehet az elmúlt évek legszorosabb bolygótalálkozója.

19:13 UT-kor a két égitest 33,8´-re lesz egymástól látható, miközben alig 5 fokkal lesznek a horizont felett. A Merkúr fényessége 1,7, a Vénuszé -3,3 magnitúdó, előbbi valószínűleg nem lesz szabad szemmel megpillantható, de binokulárral mindenképp láthatónak kell lennie.

Teljes holdfogyatkozás május 26-án

Az idei első fogyatkozás egy rövid teljes holdfogyatkozás lesz, amely teljes egészében a Csendes-óceánról, Ausztráliából, Új-Guinea szigetéről, illetve az Antarktiszról figyelhető meg. Ázsia keleti felében a fogyatkozás valamely fázisa során kel fel a Hold, az amerikai kontinens nyugati és középső részéről nézve viszont a Hold lenyugvása szakítja félbe a látványosságot.

A félárnyék 8:47:39-kor érinti meg a Hold felszínét, de a gyenge kontraszt miatt a jelenlétére utaló első jelet 9:10 után lehet észrevenni a holdkorong délkeleti sarkánál. Az árnyék 9:44:57-kor jelenik meg, de majdnem másfél órára van szükség, hogy a Hold teljesen elmerüljön benne. Ez a holdfogyatkozás súroló jellegű, emiatt rövid ideig tart a teljes fázis, és az umbra északi felében zajlik. 11:18:40-kor van a holdfogyatkozás maximuma, és 11:25:55-kor véget is ér a totalitás. Közel másfél óra szükséges, hogy az árnyék levonuljon égi kísérőnk felszínéről, és 12:52:22-kor hagyja el azt. A félárnyék még 13:20-ig bizonyosan látszik, de Holdunk csak 13:49:41-kor lép ki teljesen belőle.

A totalitás csak 14 perc 30 másodperc hosszú, de a részleges fázis 3 óra 7 perc 25 másodpercig tart. A holdfogyatkozás teljes időtartama a félárnyékos fázissal együtt 5 óra 2 perc 2 másodperc.

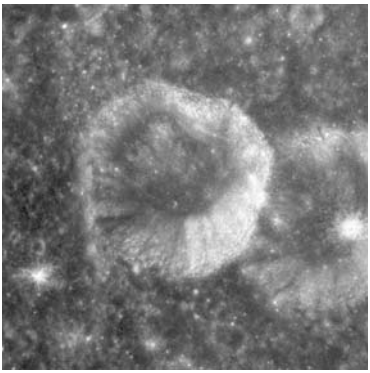
A fogyatkozás során a Hold a Skorpió csillagképben tartózkodik, közel az Antareshez, attól 6°-kal északra. Más fényes csillag vagy bolygó nincs a közelben. A teljes fázis látványos lesz a Skorpió csillagaival és a Tejút sávjával, noha a Hold nem sötétedik el annyira, mint egy centrális holdfogyatkozás esetében.

A maximum fázisának pillanatában a fogyatkozás nagysága 1,0095 magnitúdó. Ahogy a teljes fázis rövid időtartama sugallja, a Hold éppen csak belemerül a teljes árnyékba, a korongjának északi pereme 19 ívmásodpercre van az umbra szélétől.

A fogyatkozás félárnyékos nagysága 1,954 magnitúdó. A penubmra átmérője 2,5962°, az umbráé 1,5438°. A leszálló csomóponthoz közeledő Hold alig egy nappal később lesz földközelben, most lesz az idei legnagyobb látszó méretű teliholdja is, látszó átmérője jóval nagyobb az átlagosnál, 33,42'. A félárnyék sávja 31,57' széles, a holdkorong nem fér el benne. Vagyis a mostani holdfogyatkozásnak nincs tisztán félárnyékos fázisa.

Ez a holdfogyatkozás a 82 eseményt adó 121-es Szárosz-család 56. tagja, és egyben az utolsó totalitás a sorozatban.

A Daly-kráter



Az Apollo–15 felvétele a Daly-kráterről

A Daly-kráter nem tartozik a holdészlelők kedvencei közé. Ennek oka egyszerűen az, hogy túlságosan kicsiny és jelentéktelen. A megtalálása is gondot okozhat, mert a holdkorong keleti peremhez közel fekszik. Szelenografikus koordinátái: 5,7° északi szélesség és 59,6° keleti hosszúság. Megtalálásához elsőként keressük meg a Mare Crisiumtól délre fekvő, sötét bazalttal feltöltött aljú, 53 km átmérőjű Apollonius-krátert. A Daly az Apolloniustól közvetlenül északnyugatra fekvő ikerkráter nyugati tagja. Átmérője 17 km, a keleti szomszédja a 14,7 km-es Apollonius F. A régebbi holdtérképeken a Daly mint Apollonius P szerepelt. A Daly-kráter alakja kissé szabálytalan, és a déli belső sánca jóval szélesebb, mint az északi. Az Apollo–15 nagy felbontású felvételén jól látszik a kráter északi részén egy hatalmas talajcsuszamlás, amelynek következtében egyrészt kiszélesedett az eredeti kráter, másrészt ez a lezúdult talaj jócskán megemelte a kráter északi talajának a szintjét. A Daly részben lefedi keleti társát, és az Apollo–15 felvételén jól láthatóan fényesebb is annál, így könnyen beláthatjuk, hogy a kettő közül a Daly a fiatalabb. Ha önmagában a Daly nem is igazán izgalmas célpont, annál érdekesebb a tágabb környezete. A Mare Crisiumnak otthont adó Crisium-medence nem kevesebb mint négy koncentrikus gyűrűből áll. A legbelső a 375 km-es, úgynevezett lávagerinc-gyűrű. Ezt követi az 500 km átmérőjű, mindenki számára nyilvánvaló Crisium-gyűrű. Az ezt körülvevő Cleomedes-gyűrűhöz már némi képzelőerőre is szükség van. Ezt az erősen hiányos, 635 km átmérőjű gyűrűt leginkább a Mare Crisiumtól északra, a névadó Cleomedes-kráter közelében ismerhetjük fel. A legkülső a Geminus-gyűrű. Ennek átmérője 1075 km, és még a Cleomedes-gyűrűnél is nehezebben azonosítható. A Daly és az Apollonius-kráter a két külső (Cleomedes, Geminus) gyűrű között fekszik. Figyeljük meg, hogy az Apollonius és a tőle északkeletre fekvő 56 km-es Firmicus-kráter talaját is sötét bazaltláva töltötte fel évmilliárdokkal ezelőtt. Még mindig e két gyűrű között, a Daly és a Firmicus-kráterektől keletre fekszik a Mare Undarum szabálytalan alakú bazaltsíksága. Ez a holdi tenger leginkább a Mare Orientale közelében, az Orientale-medence két legkülső gyűrűje, a Montes Cordillera és a Montes Rook között elterülő Lacus Automnira hasonlít.

Csillagfedések

dátum		UT			J	csillag No		Hold	Nap	Hold	pozíció		korrekció	
hó	nap	h	m	s			m_v	fázis	h	h	CA	PA	a	b
05	3	2	31	16,9	r	2984	7,1	58-	-9	14	53N	294	+1,4	+0,5
05	7	10	4	8,8	r	3536	4,4	17-	59	29	36S	187	+0,1	+2,0
05	14	19	21	36,0	D	77452	7,7	8+	-10	14	49S	128	-0,5	-2,2
05	14	20	11	38,2	d	77502	8,3	8+		6	44N	41	+0,2	-0,2
05	14	20	20	8,8	d	77524	8,0	8+		5	85S	92	-0,4	-1,2
05	15	20	35	0,0	d	78590	8,4	14+		11	71N	73	-0,1	-1,0
05	16	15	13	34,8	d	1117	5,0	20+	29	66	78N	84	+1,9	-0,1
05	16	19	55	47,9	d	79473	8,6	21+		25	77S	110	+0,0	-1,8
05	16	19	59	58,5	d	1140	8,0	21+		24	71S	116	+0,0	-1,9
05	16	21	27	51,0	d	79523	7,7	22+		10	50S	137	-0,6	-1,9
05	19	17	2	35,1	D	1484	3,5	49+	11	59	50N	70	+2,4	+1,1
05	19	17	54	59,4	r	1484	3,5	49+	3	57	-34N	347	+0,4	-3,2
05	20	22	37	30,6	d	1612	7,3	62+		21	34S	170	-0,2	-2,5
05	21	14	24	46,5	d	1702	4,0	70+	37	23	48S	157	+0,5	-1,1
05	24	22	18	32,0	d	2092	7,0	96+		27	62S	140	+1,1	-1,2
05	25	21	34	1,8	d	2233	5,5	100+		23	44S	153	+0,8	-0,8
05	28	22	7	36,5	d	2750	2,1	91-		5	-31N	31	+2,1	+3,0
05	28	22	36	59,8	R	2750	2,1	91-		8	20N	339	+0,0	-0,9

Jupiter-holdak kölcsönös jelenségei májusban

Dátum		kezdete			vége			típus	idő-tar-tam	centr táv(˝)	Δm	Jupiter	Jup	Nap	hold fázisa
hó	nap	h	m	s	h	m	s						alt.	alt.	
5	6	3	26	34	3	32	5	1E2	5,5	0,159	0,626	86,55	21	0	0,342
5	7	0	51	25	0	59	17	3E1	7,9	0,305	0,567	42,15	0	-19	0,286
5	14	3	43	53	3	52	43	3E1	8,8	0,162	0,567	56,22	26	4	0,147
5	15	0	25	7	0	42	8	3O1	17,0	0,928	0,015	52,20	1	-19	0,199
5	21	2	36	9	2	40	23	3E2	4,2	0,905	0,036	97,09	22	-4	0,596
5	29	2	27	55	3	17	31	3E1	49,6	0,145	0,567	36,61	24	-4	0,790
5	30	23	19	41	23	24	53	1E2	5,2	0,555	0,298	107,37	0	-20	0,653

A táblázat oszlopainak magyarázata a márciusi előrejelzésnél található

Évfordulók

100 éve halt meg William Robert Brooks

William Robert Brooks 1844. június 11-én született az angliai Maidstone-ban. Egy ausztráliai hajóút ébresztette fel benne a csillagászat iránti érdeklődést: nagyon tetszett neki, ahogy a hajó kapitánya meghatározta helyzetüket. 13 éves korában a család Amerikába emigrált, és 1858-ban már ott látta a Donati-féle üstököst (C/1858 L1).

Csillagászattal komolyabban csak 1870 után kezdett foglalkozni. A New York állambeli Phelpsben telepedett le, és épített magának egy 2 és egy 5 hüvelykes távcsövet. Itt fedezte fel első üstökösét 1881 októberében (72P/1881 T1). Mivel nem volt képzett csillagász, nem tudta, hogyan kell a felfedezést bejelenteni, így az üstökös megtalálójának W. F. Denning angol csillagászt tekintették (l. pl. E. D., The Comets of 1881, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society* 42, 173–176, 1882). A még sikeresebb üstökösvadászat reményében egy 9 hüvelykes távcsövet is készített magának, és ennek meg is lett az eredménye. Egyedül 1886-ban három üstököst fedezett fel öt hét leforgása alatt.

Kitartó munkája nem volt hiábavaló. Ahogy H. H. Warner támogatta Lewis Swiftet (l. Meteor Csillagászati Évkönyv 2020, p. 35–36), úgy Brooks is szert tett egy szponzorra. William Smith amerikai milliomos obszervatóriumot építtetett számára, John Clacey (1857–1931) pedig egy 10,5 hüvelykes teleszkópot készített neki. Brooks 1900-ban a helyi Hobart College csillagászatprofesszora lett. 31 üstököst fedezett fel – a legutolsót 1911-ben (C/1911 O1) –, ezek közül 21 viseli a nevét. A Párizsi Akadémia Lalande-emlékéremmel tüntette ki, egy chicagói újság pedig így hivatkozott rá: „Dr. William R. Brooks – az üstökösvadászok királya".

1921. május 3-án hunyt el a New York állambeli Genevában.

150 éve született Reginald Aldworth Daly

A neves kanadai geológus, Reginald A. Daly 1871. május 19-én született egy farmon, az Ontario állambeli Napanee mellett. Egyetemi tanulmányai alatt kitűnt angol irodalmi és csillagászati eredményeivel. 1891-ben kezdett el a geológia iránt érdeklődni, és a Harvard Egyetemen PhD-fokozatot is szerzett belőle. 1912 és 1942 között a geológiai tanszék vezetője volt ugyanitt.

Daly elsősorban geológus volt, munkáinak döntő többsége is geológiával kapcsolatos. Első publikációja a Science-ben jelent meg 1896-ban a porfiros kvarcról. A következő években számos cikket írt Észak-Amerika kőzeteiről. Nem szobatudós volt, expedíciókat is vezetett érdekesebb helyszínekre. 1914-ben jelent meg első könyve, *Igneous Rocks and Their Origin* a

New York-i McGraw-Hill kiadónál. Az 1920-as években a Wegener-féle kontinensvándorlási elmélet hívévé vált, és az 1926-ban kiadott *Our Mobile Earth* (Scribner's, 1926) című művével népszerűsítette is azt.

A csillagászat számára a Hold kialakulását magyarázó elmélete érdekes. Szerinte az ősi Naprendszerben egy kis égitest súrolva ütközött a Földdel, anyagának egy részét kiszakította, és ezekből állt össze a Hold (Origin of the Moon and Its Topography, *Proceedings of the American Philosophical Society* 90, 104–119, 1946). Az elmélet nem vált ismertté, csak az 1990-es években hívták fel rá a figyelmet.

Daly 1957. szeptember 19-én halt meg a Massachusetts állambeli Cambridge-ben. Munkásságát kortársai nagyra értékelték. Sok tudományos társaság kitüntette, és a Királyi Holland Akadémia kültagjává választotta. Egy szilikátot róla neveztek el: dalyit ($K_2ZrSi_6O_{15}$). Két kráter is őrzi a nevét, egy a Holdon, egy pedig Marson.

100 éve született Ponori Thewrewk Aurél

Ponori Thewrewk Aurél 2013. június 20-án, az általa tervezett paloznaki napóra avatásán

A hazai csillagászattörténeti kutatások egyik legjelentősebb alakja, Ponori Thewrewk Aurél 1921. május 2-án született Budapesten. 13 éves kora óta csillagász akart lenni, így a nagykanizsai piaristáknál letett érettségi vizsga után a budapesti Pázmány Péter Tudományegyetemre jelentkezett mennyiségtan–természettan tanári szakra. Természetesen rögtön jelentkezett a Csillagászati Tanszéken is, felvette a tárgyakat, és letette a vizsgákat. 1944-ben kinevezték gyakornokká a tanszékre (előzőleg díjtalan gyakornok volt), de a további pályáját kettétörte a II. világháború.

1946 májusában francia hadifogságból tért vissza Budapestre. 1948-ban beadott egy doktori disszertációt *Az Exodus és a gibeoni csata idejének csillagászati-kronológiai meghatározása* címmel, de ennek bírálatára az akkori tanszékvezető, Lassovszky Károly nem vállalkozott. Ráadásul, amikor hamarosan nyugdíjba ment, Ponori állása is megszűnt a tanszéken. 1951-től mérnökként dolgozott a Geofizikai Mérőműszerek Gyárában, majd 1962-től szerkesztőként a Táncsics Könyv- és Folyóirat Kiadó Vállalatnál. Az MCSE munkájában 1946–1949 között, majd 1989-től élete végéig részt vett. Ismeretterjesztő munkáját a gellérthegyi Uránia Csillagvizsgálóban folytatta, amelynek 1963-ban igazgatóhelyettese, majd 1975-ben igazgatója lett. Ugyancsak ő lett az 1977-ben megnyílt Planetárium első vezetője.

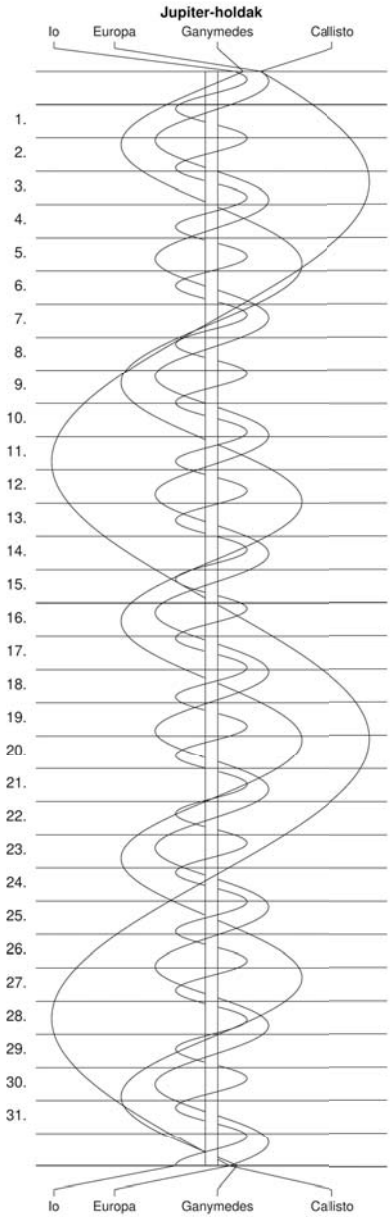
Csillagászattörténeti munkásságát mindvégig folytatta. Két könyve jelent meg a Biblia csillagászati jellegű utalásairól (*Bibliai csodák*, Gondolat, 1965; *Csillagok a Bibliában*, Tertia, 1993). Az újraalakult Magyar Csillagászati Egyesület adta ki könyveit, például *Hajnali szép csillag* (2003), *A Nap fiai* (2007), *Az Ég Királynője* (2009), *Bolygóistennő* (2011), *A bolygókirály* (2013). A legérdekesebb és legtanulságosabb pedig Dante csillagászati ismereteiről írt *Divina Astronomia* (MCSE, 2001) volt. 2014. október 8-án halt meg Budapesten, 93 éves korában.

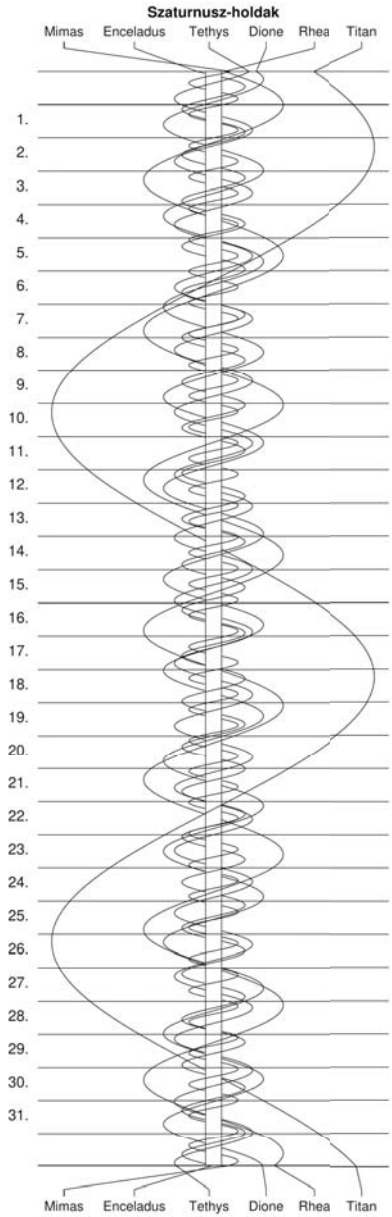
Róla nevezték el a magyar felfedezésű (45300) Thewrewk kisbolygót.

Jupiter-holdak

nap	UT h:m	hold	jelenség
7	1:53.2	Callisto	áv
11	2:09.2	Ganymedes	mk
12	2:02.5	Io	fk
13	0:31.2	Io	ek
	1:28.6	Io	áv
18	0:43.6	Ganymedes	fk
20	1:05.2	Io	ák
21	2:04.2	Io	mv
26	0:23.2	Europa	ek
	0:32.3	Europa	áv
28	0:18.2	Io	fk
	23:44.7	Io	áv
29	0:08.3	Ganymedes	ek
	1:05.0	Io	ev

f = fogyatkozás: a hold a Jupiter árnyékában
á = átvonulás: a hold árnyéka a Jupiteren
e = előtte: a hold a Jupiter korongja előtt
m = mögötte: a hold a Jupiter korongja mögött
k = a jelenség kezdete
v = a jelenség vége


Jupiter-holdak
Io
Europa
Ganymedes
Callisto
1.
2.
3.
4.
5.
6.
7.
8.
9.
10.
11.
12.
13.
14.
15.
16.
17.
18.
19.
20.
21.
22.
23.
24.
25.
26.
27.
28.
29.
30.
31.
Io
Europa
Ganymedes
Callisto


Szaturnusz-holdak
Mimas
Enceladus
Tethys
Dione
Rhea
Titan
1.
2.
3.
4.
5.
6.
7.
8.
9.
10.
11.
12.
13.
14.
15.
16.
17.
18.
19.
20.
21.
22.
23.
24.
25.
26.
27.
28.
29.
30.
31.
Mimas
Enceladus
Tethys
Dione
Rhea
Titan

λ = 19°, φ = 47,5°

Kalendárium – június

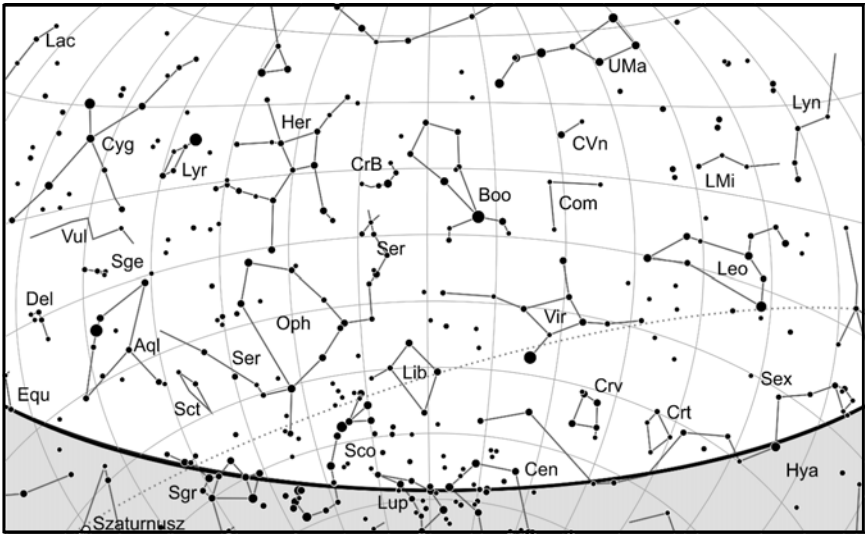
KÖZEI

dátum			Nap kel, h m	Nap delel, h m	Nap nyugszik, h m	h_d °	E_t m	Hold kel, h m	Hold delel, h m	Hold nyugszik, h m	fázis	h m
1.	k	152.	3 50	11 41	19 33	64,6	2,2	0 24	5 09	10 04		
2.	sz	153.	3 50	11 42	19 34	64,8	2,0	0 49	5 57	11 15	◑	8 25
3.	cs	154.	3 49	11 42	19 35	64,9	1,9	1 09	6 41	12 24		
4.	p	155.	3 48	11 42	19 36	65,0	1,7	1 27	7 23	13 30		
5.	sz	156.	3 48	11 42	19 37	65,1	1,5	1 44	8 04	14 35		
6.	v	157.	3 47	11 42	19 38	65,2	1,3	2 01	8 44	15 40		
		23. hét										
7.	h	158.	3 47	11 43	19 38	65,3	1,2	2 20	9 26	16 45		
8.	k	159.	3 47	11 43	19 39	65,4	1,0	2 40	10 09	17 50		
9.	sz	160.	3 46	11 43	19 40	65,5	0,8	3 05	10 54	18 55		
10.	cs	161.	3 46	11 43	19 40	65,5	0,6	3 36	11 43	19 58	●	11 53
11.	p	162.	3 46	11 43	19 41	65,6	0,4	4 14	12 33	20 56		
12.	sz	163.	3 46	11 44	19 42	65,7	0,2	5 01	13 24	21 46		
13.	v	164.	3 46	11 44	19 42	65,7	0,0	5 57	14 16	22 28		
		24. hét										
14.	h	165.	3 45	11 44	19 43	65,8	-0,2	7 01	15 07	23 02		
15.	k	166.	3 45	11 44	19 43	65,8	-0,5	8 10	15 57	23 31		
16.	sz	167.	3 45	11 44	19 44	65,9	-0,7	9 22	16 46	23 54		
17.	cs	168.	3 45	11 45	19 44	65,9	-0,9	10 36	17 33	–		
18.	p	169.	3 46	11 45	19 44	65,9	-1,1	11 51	18 20	0 16	◐	4 55
19.	sz	170.	3 46	11 45	19 45	65,9	-1,3	13 07	19 09	0 36		
20.	v	171.	3 46	11 45	19 45	65,9	-1,5	14 26	19 59	0 57		
		25. hét										
21.	h	172.	3 46	11 45	19 45	65,9	-1,8	15 48	20 53	1 19		
22.	k	173.	3 46	11 46	19 45	65,9	-2,0	17 13	21 51	1 46		
23.	sz	174.	3 47	11 46	19 45	65,9	-2,2	18 37	22 53	2 20		
24.	cs	175.	3 47	11 46	19 45	65,9	-2,4	19 53	23 57	3 04	○	19 40
25.	p	176.	3 47	11 46	19 45	65,9	-2,6	20 56	–	4 01		
26.	sz	177.	3 48	11 47	19 45	65,8	-2,8	21 45	1 02	5 10		
27.	v	178.	3 48	11 47	19 45	65,8	-3,0	22 22	2 02	6 26		
		26. hét										
28.	h	179.	3 48	11 47	19 45	65,8	-3,2	22 50	2 58	7 43		
29.	k	180.	3 49	11 47	19 45	65,7	-3,4	23 13	3 49	8 58		
30.	sz	181.	3 50	11 47	19 45	65,7	-3,6	23 32	4 36	10 10		

Június

nap	Julián dátum 12^h UT	θ_{gr} 0^h UT h m s	névnapok
1.	2 459 367	16 38 48	Tünde, Angéla, Hortenzia
2.	2 459 368	16 42 45	Kármen, Anita, Ábel, Csilla, Irma, Jenő, Kornél, Péter
3.	2 459 369	16 46 41	Klotild, Cecília, Kevin
4.	2 459 370	16 50 38	Bulcsú, Fatima, Fatime, Ferenc
5.	2 459 371	16 54 34	Fatime, Fatima, Nándor, Valéria
6.	2 459 372	16 58 31	Norbert, Cintia, Artemisz, Felícia, Klaudia, Kolos
23. hét			
7.	2 459 373	17 02 28	Róbert
8.	2 459 374	17 06 24	Medárd, Ágnes, Helga, Izabella, Vilmos
9.	2 459 375	17 10 21	Félix, Annamária, Diána, Előd
10.	2 459 376	17 14 17	Margit, Gréta, Diána, Gitta
11.	2 459 377	17 18 14	Barnabás, Etelka, Roxána
12.	2 459 378	17 22 10	Villő, Etelka, János
13.	2 459 379	17 26 07	Antal, Anett
24. hét			
14.	2 459 380	17 30 03	Vazul
15.	2 459 381	17 34 00	Jolán, Vid, Ábrahám, Bernát, Izolda, Viola, Violetta
16.	2 459 382	17 37 57	Jusztin, Ferenc, Jusztina, Péter
17.	2 459 383	17 41 53	Laura, Alida, Alinka, Terézia
18.	2 459 384	17 45 50	Arnold, Levente, Dolóresz, Márk
19.	2 459 385	17 49 46	Gyárfás, Hajnalka, Julianna, Liána, Mihály, Rómeó
20.	2 459 386	17 53 43	Rafael, Benigna, Koppány, Margit
25. hét			
21.	2 459 387	17 57 39	Alajos, Leila, Lejla, Lujza, Olga
22.	2 459 388	18 01 36	Paulina, Ákos, Kriszta, Krisztina, Tamás
23.	2 459 389	18 05 32	Zoltán, Édua
24.	2 459 390	18 09 29	Iván, Beáta, János, Levente
25.	2 459 391	18 13 26	Vilmos, Vilma, Viola, Violetta
26.	2 459 392	18 17 22	János, Pál, Dávid, Örs
27.	2 459 393	18 21 19	László, Olga
26. hét			
28.	2 459 394	18 25 15	Levente, Irén, Gyula, Irina, Laura, Marcella, Tivadar
29.	2 459 395	18 29 12	Péter, Pál, Aladár, Aliz, Beáta, Ditta, Emma, Petra
30.	2 459 396	18 33 08	Pál, Ditta, Judit

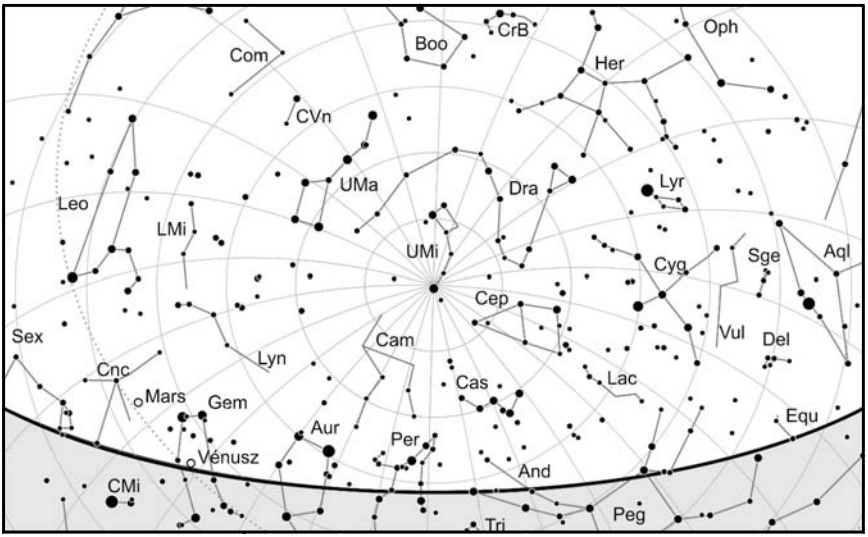
Kisbolygók világnapja: június 30.



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

Bolygók

Merkúr: A hónap első napján még egy órával nyugszik a Nap után, az északnyugati látóhatár közelében kereshető. Június 5-e után elvész a Nap fényében. 10-én alsó együttállásban van a Nappal. 25-én újra kereshető napkelte előtt a keleti látóhatár közelében, fél órával kel a Nap előtt. Ez az érték a hónap végére egy órára nő, helyzete megfigyelésre egyre kedvezőbb.
Vénusz: Ragyogó, fehér fényű égitestként látható napnyugta után a nyugati égen. A hónap folyamán másfél órával nyugszik a Napot követően. Fényessége -3,9^m, fázisa 0,95-ról 0,9-re csökken, átmérője 10,3″-ről 11,1″-re nő.
Mars: Az Ikrekben, majd 8-ától a Rákban végzi előretartó mozgását. Éjfél előtt nyugszik, este kereshető a nyugati égen mint vörös színű égitest. Fényessége 1,7^m-ról 1,8^m-ra, látszó átmérője 4,2″-ről 3,9″-re csökken.
Jupiter: Kezdetben előretartó, majd 21-től hátráló mozgást végez a Vízöntő csillagképben. Éjfél körül kel, az éjszaka második részében látható sárgás fényű ragyogó égitestként a délkeleti-déli égen. Fényessége -2,5^m, átmérője 43″.
Szaturnusz: Folytatja hátráló mozgását a Bak csillagképben. Éjfél előtt kel, az éjszaka második felében figyelhető meg. Fényessége 0,5^m, átmérője 18″.
Uránusz: Kora hajnalban kel, hajnalban látható a délkeleti égen. Előretartó mozgást végez a Kos csillagképben.
Neptunusz: Éjfél körül kel, az éjszaka második felében kereshető a Vízöntő csillagképben. Előretartó mozgása 26-án hátrálóba vált.



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

Eseménynaptár (UT)

Dátum	Idő	Esemény
06.01	16:25	a Hold maximális librációja (l = 7,40°, b = 6,80°, 56,6%-os, csökkenő holdfázis)
06.02	00:15	a (101) Helena kisbolygó oppozícióban (11,5 magnitúdós, Skorpió csillagkép)
06.02	23:33	a (30) Urania kisbolygó (9,7 magnitúdós) 20'-cel északra látható a Palomar 6 gömbhalmaztól (11,5 magnitúdós) a Nyilas/Kígyótartó csillagképben
06.03	09:12	a (63) Ausonia kisbolygó oppozícióban (9,1 magnitúdós, Skorpió csillagkép)
06.04	22:00	a (29) Amphitrite kisbolygó (11,1 magnitúdós) 14'-cel DNy-ra látható a 45 Leo-tól (6,0 magnitúdós)
06.05	12:14	a Vénusz eléri legnagyobb deklinációját +24° 26'-nél az Ikrek csillagképben
06.06	19:45	a (3) Juno kisbolygó oppozícióban (10,1 magnitúdós, Kígyótartó csillagkép)
06.07	22:52	a (4) Vesta kisbolygó (7,5 magnitúdós) 9'-cel nyugatra látható a 73 Leo-tól (5,3 magnitúdós)
06.08	02:39	a Hold földtávolban (406211 km, látszó átmérő: 29'24", 4,9%-os, csökkenő holdfázis)
06.09	04:01	a (115) Thyra kisbolygó oppozícióban (11,2 magnitúdós, Skorpió csillagkép)
06.09	05:22	a Hold minimális librációja (l = -0,67°, b = 0,66°, 1,4%-os, csökkenő holdfázis)
06.10	10:05	gyűrűs-részleges napfogyatkozás, az ország egész területéről látható részleges fogyatkozásként, legnagyobb fázis 10:46 UT-kor, a gyűrűs-részleges napfogyatkozás vége 11:27 UT-kor
06.10	21:56	a (4) Vesta kisbolygó (7,6 magnitúdós) 17'-cel délre látható az M65 galaxistól (NGC 3623, 9,6 magnitúdós) az Oroszlán csillagképben

Dátum	Idő	Esemény
06.11	19:26	32 óra 33 perces holdsarló 3,3° magasan az esti égen (a Vénusztól 5,8°-ra nyugatra, a Marstól 25°-ra nyugatra)
06.11	21:56	a (4) Vesta kisbolygó (7,6 magnitúdós) 22'-cel délre látható az M66 galaxistól (NGC 3627, 9,7 magnitúdós) az Oroszlán csillagképben
06.12	05:22	a Vénusz 48'-cel délre látható a 3,0%-os, növekvő fázisú Holdtól a nappali égen 20°-os elongációban a Naptól
06.13	20:04	a Mars 2,2°-ra délre látható a 10,6%-os, növekvő fázisú Holdtól az esti szürkületben a Rák csillagképben
06.14	17:00	a (30) Urania kisbolygó oppozícióban (10,3 magnitúdós, Kígyótartó csillagkép)
06.15	00:41	a 7P/Pons-Winnecke üstökös 51'-cel nyugatra látható a Csiga-ködtől (NGC 7293, 7,3 magnitúdós) a Vízöntő csillagképben
06.16	17:50	a Hold maximális librációja (l = -6,89°, b = -6,80°, 35,0%-os, növekvő holdfázis)
06.16	22:12	a (80) Sappho kisbolygó (11,2 magnitúdós) 25'-cel ÉNy-ra látható az M2 gömbhalmaztól (NGC 7089, 6,9 magnitúdós) a Vízöntő csillagképben
06.18	22:08	a (3) Juno kisbolygó (10,1 magnitúdós) 4'-cel ÉNy-ra látható az M10 gömbhalmaztól (NGC 6254, 5,0 magnitúdós) a Kígyótartó csillagképben
06.19	22:37	a 69,7%-os, növekvő fázisú holdkorong peremétől 8' 48"-re ÉK-re látható a 66 Virginis (5,8 magnitúdós)
06.20	08:04	az (5) Astraea kisbolygó oppozícióban (10,4 magnitúdós, Nyilas csillagkép)
06.21	03:32	nyári napforduló
06.23	02:27	a (105) Artemis kisbolygó oppozícióban (11,3 magnitúdós, Herkules csillagkép)
06.23	06:16	a Hold minimális librációja (l = -0,06°, b = 0,05°, 96,6%-os, növekvő holdfázis)
06.23	10:02	a Hold földközelben (359968 km, látszó átmérő: 33'11", 97,3%-os, növekvő holdfázis)
06.23	20:16	a Marstól 3'23"-cel keletre látható a Jászol nyílthalmaz (M44, 3,1 magnitúdós) az esti szürkületben a Rák csillagképben
06.23	23:26	a (71) Niobe (11,9 magnitúdós) és a (89) Julia (10,6 magnitúdós) kisbolygó 21'-es közelsége a Vízöntő csillagképben
06.27	23:32	a (27) Euterpe kisbolygó (10,7 magnitúdós) 24'-cel délre látható a Palomar 9 gömbhalmaztól (NGC 6717, 10,4 magnitúdós) a Nyilas csillagképben
06.27	23:41	a 86,4%-os, csökkenő fázisú holdkorong peremétől 3"-re északra látható a 38 Capricorni (6,7 magnitúdós)
06.28	23:06	a Jupiter 5,2°-ra ÉNy-ra látható a 78,3%-os, csökkenő fázisú Holdtól a Vízöntő csillagképben
06.29	11:45	a Hold maximális librációja (l = 7,01°, b = 6,79°, 73,5%-os, csökkenő holdfázis)

Együttállások

Június 13-án (20:40 UT) a 2 magnitúdós Mars 2 fokra lesz a 10%-os holdsarló peremétől, az égi páros 15 fok magasan lesz megfigyelhető, remek témát kínálva a csillagászati tájképfotósoknak.

Június 23-án a Mars az M44 előtt, a halmaz csillagai közt tartózkodik, de sajnos a Nap közelsége miatt nehezen lesz megfigyelhető. 20:15 UT körül, a navigációs szürkület végén az 1,8 magnitúdós bolygó 5 fok magasan áll, a világos égen binokulárokkal biztosan láthatónak kell lennie. Annál nagyobb kihívás lesz a halmaz 6,3-7 magnitúdós csillagainak megpillantása, erre jószerivel csak legalább 10 cm körüli távcsővel, kiváló átlátszóságú égbolton van esély.

Gyűrűs napfogyatkozás június 10-én

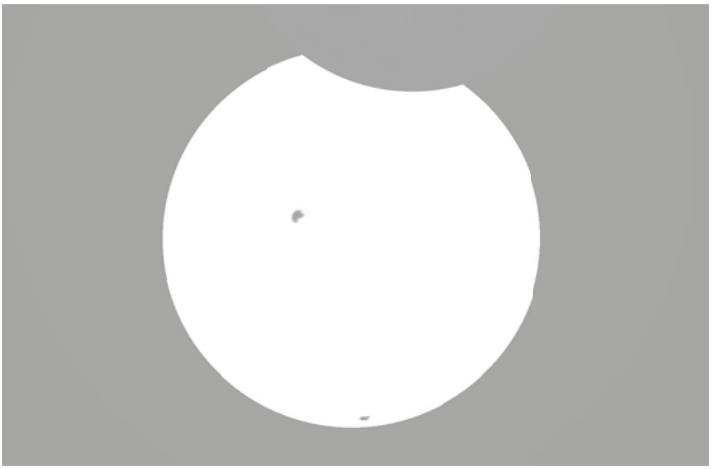
A tavasz végi, nyár eleji fogyatkozási szezon második eseménye egy gyűrűs napfogyatkozás, amely Magyarországról nézve kismértékű, részleges napfogyatkozásként lesz megfigyelhető, ennek során a napkorong 0,75–3,8%-át takarja el a Hold. Az ország északi részén lesz nagyobb méretű a „kiharapás". A gyűrűs fázis sávja Kanada északi részén, Grönland északkeleti sarkán, a sarkvidéken és Szibéria keleti részén halad át.

A Hold félárnyéka 8:12:15-kor érinti a Föld felszínét az Atlanti-óceán közepén, közel félúton a Bermuda-szigetek és a Zöld-foki-szigetek között. Beteríti az óceán északi részét, Kanada keleti felét és Nyugat-Európát. Az antiumbra 9:49:13-kor éri el Kanadát a Felső-tótól északra, Ontario államban. Gyűrű alakú Nap kel a horizonton, a gyűrűs fázis 3 perc 36 másodpercig tart, az árnyék 690 km széles. Rohanvást halad északkeleti irányba, beterítve a Huron-öböl keleti és az Ungava-félsziget nyugati felét. Az antiárnyék középvonala 10:20:42-kor hagyja el a Baffin-szigetet. E pillanatban az antiumbra 570 km széles, a gyűrűs fázis 3 perc 49 másodpercig tart, a Nap 20,7° magasan van. Miután átszelte a Baffin-öblöt, az árnyékkúp érinti Grönland északnyugati szegletét, és a Nares-szorosban 10:41:51-kor bekövetkezik a fogyatkozás maximuma. Az antiumbra 525 km szélesen terül el, sebessége 905 m/s, a gyűrűs fázis 3 perc 51 másodperc hosszú, a Nap 23,3° magasan van a horizont felett. Elhagyva a fagyos szigeteket, az árnyékkúp a sarki vizek felett száguld tovább, az Északi-sarkot 11 órakor érinti. Miután átsuhan az Új-Szibériai-szigeteken, 11:24:40-kor ismét szárazföldre lép Szibériában. A Nap már csak 9° magasan van, a gyűrűs fázis hossza 3 perc 41 másodperc, a 632 km széles árnyékkúp 2,2 km/s sebességgel száguld. A Föld felszínét a Szugoj-folyó forrásvidékénél hagyja el, 11:33:45-kor. A gyűrű alakú lenyugvó napot 3 perc 36 másodpercig takarja a holdkorong, az árnyékkúp 690 km széles. A félárnyék csak 13:11:16-kor távozik a Földről a Tarim-medencétől keletre.

A Nap és Hold párosa a Bika csillagkép szarvai között tartózkodik, a Hold felszálló csomópontja közelében. A Nap látszó mérete kisebb az átlagosnál, 31,5′. A Hold bő két napja volt földtávolban, látszó mérete 29,56′, szintén jóval kisebb az átlaghoz képest. A Nap „nyert", emiatt látható egy közepesen hosszú gyűrűs napfogyatkozás. Ez a fogyatkozás a 147-es Szárosz-család 23. napfogyatkozása a 80-ból.

Részleges napfogyatkozás 2021. június 10.

hely	első kontaktus			maximum		utolsó kontaktus		
	UT	PA	Alt	UT	Alt	UT	PA	Alt	Mag
	h m s	°	°	h m s	°	h m s	°	°	
Békéscsaba	10 18 5	327	66	10 50 24	66	11 22 50	4	64	0,047
Budapest	10 4 40	320	64	10 45 42	66	11 27 11	9	64	0,080
Debrecen	10 14 16	323	65	10 52 35	65	11 31 1	8	63	0,068
Eger	10 7 38	320	64	10 49 36	65	11 31 52	10	63	0,084
Győr	9 58 55	318	63	10 42 28	65	11 26 43	11	64	0,092
Kaposvár	10 6 12	324	65	10 41 14	67	11 16 45	5	66	0,056
Kecskemét	10 10 38	324	65	10 46 56	66	11 23 31	6	65	0,060
Miskolc	10 8 7	320	64	10 50 50	65	11 33 49	11	62	0,087
Nyíregyháza	10 12 10	322	65	10 53 7	65	11 34 11	10	62	0,079
Paks	10 9 3	324	65	10 44 25	66	11 20 9	5	65	0,057
Pécs	10 10 6	326	66	10 42 5	67	11 14 26	3	66	0,046
Salgótarján	10 4 44	319	64	10 48 23	65	11 32 24	11	63	0,092
Sopron	9 55 8	317	63	10 39 49	65	11 25 23	11	65	0,098
Szeged	10 17 26	328	66	10 47 28	67	11 17 40	2	65	0,040
Székesfehérvár	10 4 0	321	64	10 43 52	66	11 24 15	8	65	0,075
Szekszárd	10 10 19	325	66	10 43 42	67	11 17 25	4	66	0,051
Szolnok	10 11 0	323	65	10 48 27	66	11 26 10	7	64	0,065
Szombathely	9 57 8	319	63	10 39 22	66	11 22 25	9	65	0,086
Tatabánya	10 0 23	319	64	10 43 0	65	11 26 16	10	64	0,088
Veszprém	10 2 35	321	64	10 42 28	66	11 22 55	8	65	0,075
Zalaegerszeg	9 59 43	320	64	10 39 25	66	11 19 50	8	66	0,075



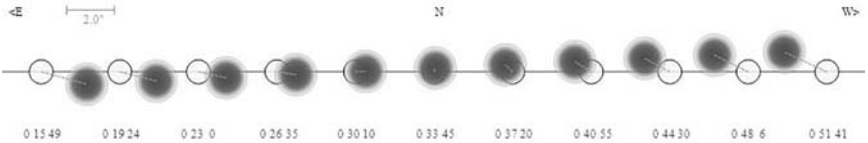
A fogyatkozás fázisa a maximum idején, Budapestről

Jupiter-holdak kölcsönös jelenségei júniusban

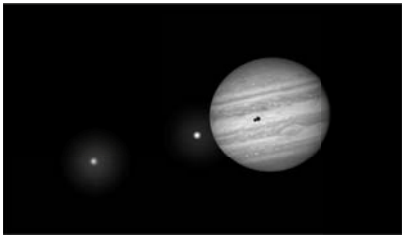
Az év egyetlen centrális fogyatkozása, amely Magyarországról látható, nagyon különleges esemény lesz. Június 4–5-én hajnalban az Io bekerül a Ganymedes árnyékkúpjába, de olyan módon hogy közben mindkét hold árnyékot vet a Jupiterre. Azaz nemcsak a fogyatkozó holdat láthatjuk, amint teljesen eltűnik a szemünk előtt, hanem a két árnyékkúp közelítését, eggyé válását és távolodását is megfigyelhetjük a Jupiter felhőzetén. Vizuálisan vagy videokamerákkal megörökítve kivételes eseményt figyelhetünk meg. Két nehezítő momentum van csak: egyrészt a Jupiter mindössze 12°-kal van a horizont felett, másrészt a fogyatkozás közepén az Io a bolygó peremétől csak 2 ívmásodperces távolságban lesz.

23 óra UT-kor a Jupiter úgy kel, hogy a Ganymedes árnyéka már a bolygón látható. Az eseményben részt vevő két hold a bolygó keleti oldalán helyezkedik el, az Io közelebb, a Ganymedes távolabb. 20 perccel később, világidőben még 4-én 23:21 UT-kor megjelenik az Io árnyéka is a Jupiteren. A két fekete folt távolsága ekkor 5 ívmásodperc. Ahogy múlnak a percek, a két folt egyre beljebb kerül a centrálmeridiánhoz és egyre közelebb egymáshoz. Június 5-én, 0:21 UT-től két helyre is figyelnünk kell. Az Io már csak 5″-re van a bolygó keleti peremétől, de fokozatosan elkezd halványulni. Mivel fényessége 5,6 magnitúdó, vizuális összehasonlításban a legtávolabbi Callisto a megfelelő a maga 6,4 magnitúdós fényességével. A jelenség időtartama 25 perc, de ebben a penumbrális fázis szinte láthatatlan időszaka is benne van. Az umbra érintése 0:23-kor várható, ekkor kezd el rohamosan halványulni az Io, majd pár perc alatt eltűnik a szemünk elől. A maximális fázis 0:33-kor van, de a hold ekkor már csak 2″-re lesz az óriásbolygótól. Nagy nagyítással talán látható lesz az umbrában lévő hold halvány fénye. Ezután hét percünk van a fényesedés megfigyeléséhez, mert miközben még tart a fogyatkozás, 0:40:30 UT-kor az Io belép a bolygó korongja elé. 0:44-kor várható az umbrális fázis vége, azaz a Jupiter felhőzetén a két fekete folt elválása. Hogy a Jupiter előtt a félig árnyékban lévő Io mennyire fog látszani, érdekes kérdés.

Tovább figyelve a jelenségeket, először a később érkezett Io árnyéka hagyja el a Jupitert 1:38 UT-kor. Mire a Ganymedes árnyéka is a nyugati peremre ér 2:17 UT-kor, már erős szürkületben leszünk, a Nap csak 5 fokkal lesz a horizont alatt.



Az Io mozgása a Ganymedes árnyékához képest



A fogyatkozás maximuma előtt 10 perccel, 0:23 UT-kor az Io a halványulás kezdetén van, miközben a két hold árnyéka már összeér a Jupiter felhőzetén.

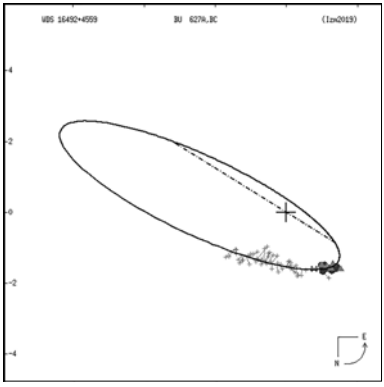
Jupiter-holdak kölcsönös jelenségei júniusban

Dátum		kezdete			vége			típus	idő-tar-tam	centr táv(˝)	Δm	Jupiter	Jup	Nap	hold fázisa
hó	nap	h	m	s	h	m	s						alt.	alt.	
6	5	0	21	12	0	46	18	3E1	21.5	0,001	4,800	2,06	12	-16	0,243
6	7	1	36	22	1	41	18	1E2	4.9	0,648	0,205	112,72	23	-9	0,200
6	14	3	53	58	3	58	33	1E2	4.6	0,736	0,130	117,69	30	9	0,237
6	29	22	0	12	22	4	2	1E3	3.8	0,849	0,054	85,40	6	-18	0,621

A táblázat oszlopainak magyarázata a márciusi előrejelzésnél található

Burnham-kettősök: nyár

A Herkules csillagkép területén szabad szemmel is könnyedén megtalálható az 52 Her (BU 627) többes, fizikai rendszere. A hét tag közül ötöt katalogizáltak Burnham neve alatt. Az A, BC páros szoros kettős, jelentős fényességkülönbséggel, azonban jó ég alatt akár 8 cm-es távcsővel is megpróbálkozhatunk felbontásával. A D,E és F csillagok halványak, szögtávolságuk a fő tagtól jelentős. A szinte egyenlő fényességű BC csillagok felbontásához legalább 45 cm-es távcső szükséges.



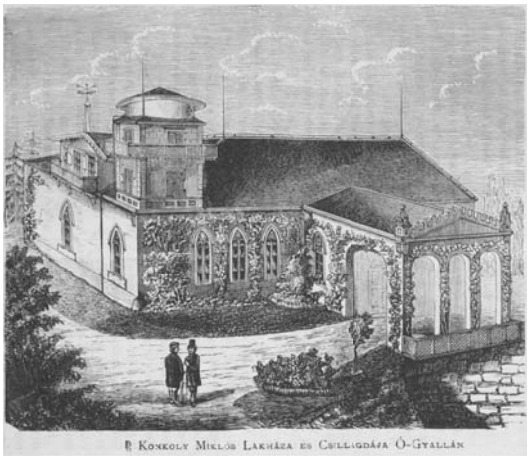
Az 52 Her (BU 627) pályája (stelledoppie.it)

Csillagfedések

dátum		UT			J	csillag No		Hold	Nap	Hold	pozíció		korrekció	
hó	nap	h	m	s			m_v	fázis	h	h	CA	PA	a	b
06.	13	20	17	15,5	D	1239	6,6	10+		9	62S	126	-0,5	-1,7
06.	14	20	18	3,8	D	1357	7,7	17+		15	58S	136	-0,3	-1,9
06.	16	20	51	58,5	d	99317	8,1	36+		19	66N	87	+0,4	-1,5
06.	23	23	41	9,2	d	2499	6,4	99+		14	54N	48	+1,3	-0,1
06.	23	23	43	31,0	D	2500	3,3	99+		14	76N	70	+1,4	-0,5
06.	27	2	23	0,0	r	3018	6,4	93-	-4	17	76S	249	+1,3	-0,3
06.	30	23	54	53,9	R	5	4,6	59-		13	77N	261	+0,7	+1,7

Évforduló

150 éve alapította Konkoly Thege Miklós az Ógyallai Csillagdát



„Midőn 1871. év nyarán obszervatoriumomat felépíttettem, nem volt szándékom, benne rendes észleléseket tenni; czélom főkép az vala, hogy miután a csillagászat iránt különös vonzalmat éreztem, az e téren tett felfedezéseket figyelemmel kisérve, azokat magam is ohajtottam látni s egyszersmind gyönyörködni az universum nagyszerűségében szép estvéken." Konkoly Thege Miklós így írta le csillagdájának létrejöttét (Az ó-gyallai csillagda leírása s abban történt napfoltok észlelése, néhány spectroscopicus észlelés töredékeivel 1872. és 1873., *Értekezések a mathematikai tudományok köréből* 3, 2. füzet, 1874). Alapító tervez, csillagok végeznek: Konkoly Thege nem tudott elszakadni a csillagok vizsgálásától, és egyre komolyabban belevetette magát a munkába. Először a Naprendszer objektumait észlelte, majd csillagok színképét is tanulmányozta. Szorgalmasan publikált (vannak cikkei, amelyek megjelentek magyarul, németül és angolul is), és komoly hírnevet szerzett magának külföldön is.

Ennek egyik eredménye az lett, hogy fiatal német csillagászok jöttek Ógyallára gyakorlatot szerezni a csillagászati megfigyelések terén. Legnevesebb közülük Hermann Kobold (1858–1942), későbbi kieli professzor és az Astronomische Nachrichten kiadója és szerkesztője. Ógyallán töltött éveiről megemlékezett önéletírásában is.

Sok magyar csillagász is megfordult Ógyallán. Közülük ki kell emelni Kövesligethy Radót (1862–1934), aki évekig Ógyallán dolgozott, mielőtt szeizmológiával kezdett foglalkozni. Itt alkotta meg a színképek elméletét, amelyben Wien előtt felfedezte a Wien-törvényt, és Planck előtt zárt görbét talált a feketetest-sugárzás leírására (*Grundzüge einer theoretischen Spektralanalyse*, Halle, 1890).

A csillagda saját kiadványokat is közzétett. Az első a német nyelven kiadott *Beobachtungen angestellt am Astrophysicalischen Observatorium in O Gyalla in Ungarn* volt. Ezt követték a századfordulón a *Magyar Királyi Konkoly-Alapítványú Astrophysikai Observatorium kisebb kiadványai* és a *Magyar Királyi Konkoly-Alapítványú Astrophysikai Observatorium nagyobb kiadványai*. Az utóbbi már Budapesten jelent meg az 1920-as években.

Konkoly Thege jól látta, hogy a magáncsillagdák nagyon ritkán élik túl alapítójukat. Ráadásul a csillagászati műszertechnika olyan ütemben fejlődött, hogy egy tulajdonos, akármilyen

gazdag is, anyagilag nem bírná a versenyt az állami csillagdákkal. Így 1899-ben, több sikertelen korábbi kísérletet követően, a magyar államnak adományozta intézetét. Trianon után az intézet a budapesti Svábhegyre költözött, ahol most is megtalálható.

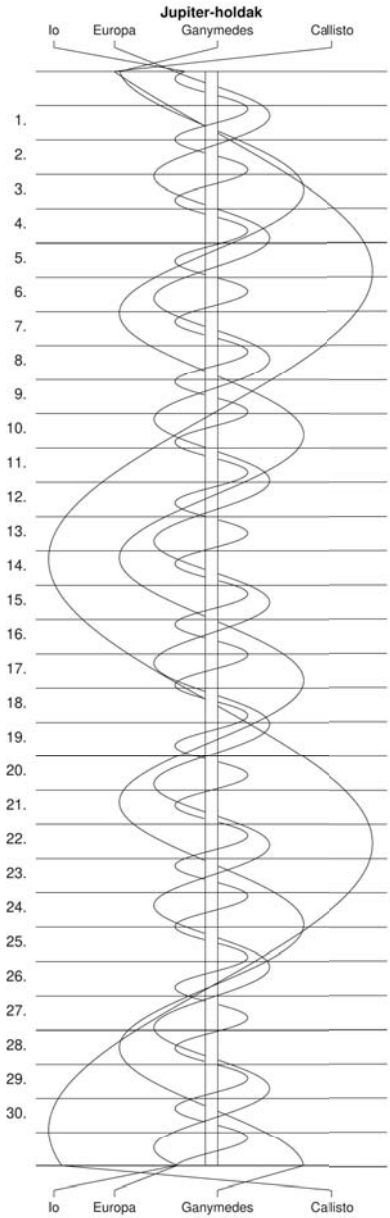
Az Ógyallán (ma Hurbanovo Szlovákiában) maradt épületek továbbra is csillagászati célt szolgálnak, jelenleg ott üzemel a Slovenská ústredná hvezdáreň v Hurbanove (http://www.suh.sk/hu/).

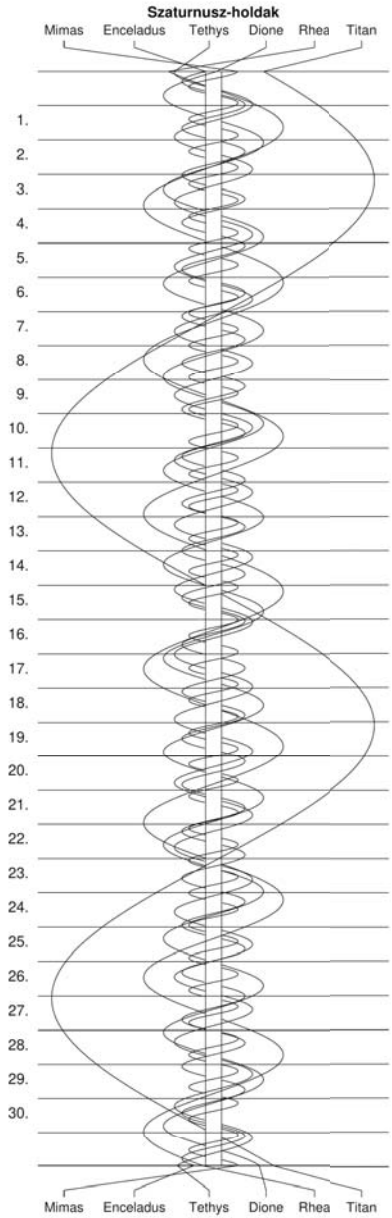
Az alapító, Konkoly Thege Miklós emlékét mind a hazai, mind a szlovákiai intézetek ápolják. A magyar intézet központja a róla elnevezett úton van.

Jupiter-holdak

nap	UT h:m	hold	jelenség
1	1:38.5	Callisto	fk
2	0:16.2	Europa	ák
4	0:02.4	Europa	mv
	23:21.4	Io	ák
5	0:40.5	Io	ek
	1:38.7	Io	áv
6	0:17.6	Io	mv
12	1:15.2	Io	ák
	22:33.9	Io	fk
13	23:16.8	Io	ev
16	1:23.4	Ganymedes	mv
17	23:38.8	Europa	fk
18	0:34.5	Callisto	fv
19	23:55.6	Europa	ev
20	0:27.5	Io	fk
	22:49.7	Io	ek
	23:55.1	Io	áv
21	1:07.0	Io	ev
	22:25.4	Io	mv
23	0:19.8	Ganymedes	fv
	1:29.9	Ganymedes	mk
26	23:32.1	Europa	ek
27	0:07.1	Europa	áv
	23:31.5	Io	ák
28	0:38.8	Io	ek
	1:49.3	Io	áv
29	0:13.8	Io	mv
30	0:41.3	Ganymedes	fk

f = fogyatkozás: a hold a Jupiter árnyékában
á = átvonulás: a hold árnyéka a Jupiteren
e = előtte: a hold a Jupiter korongja előtt
m = mögötte: a hold a Jupiter korongja mögött
k = a jelenség kezdete
v = a jelenség vége


Jupiter-holdak
Io
Europa
Ganymedes
Callisto
1.
2.
3.
4.
5.
6.
7.
8.
9.
10.
11.
12.
13.
14.
15.
16.
17.
18.
19.
20.
21.
22.
23.
24.
25.
26.
27.
28.
29.
30.
Io
Europa
Ganymedes
Callisto


Szaturnusz-holdak
Mimas
Enceladus
Tethys
Dione
Rhea
Titan
1.
2.
3.
4.
5.
6.
7.
8.
9.
10.
11.
12.
13.
14.
15.
16.
17.
18.
19.
20.
21.
22.
23.
24.
25.
26.
27.
28.
29.
30.
Mimas
Enceladus
Tethys
Dione
Rhea
Titan

λ = 19°, φ = 47,5°

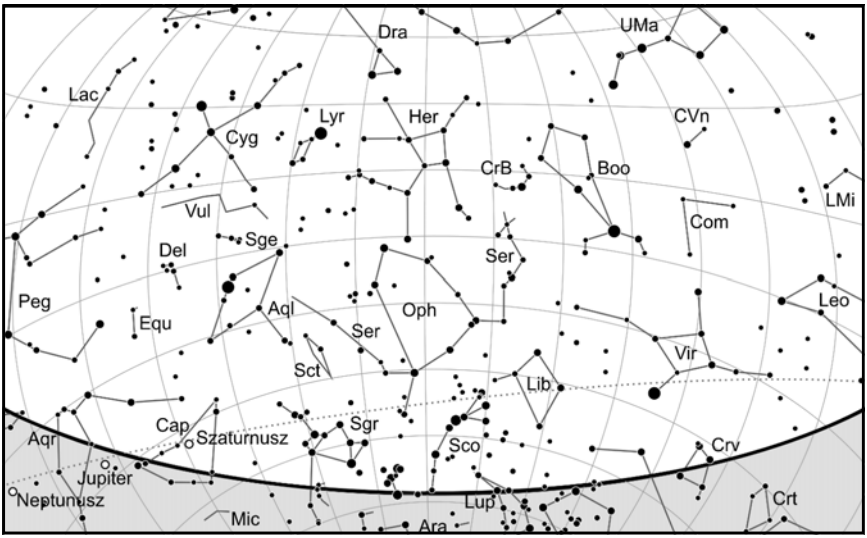
Kalendárium – július

KÖZEI

dátum			Nap kel, h m	Nap delel, h m	Nap nyugszik, h m	h_d °	E_t m	Hold kel, h m	Hold delel, h m	Hold nyugszik, h m		fázis h m
1.	cs	182.	3 50	11 48	19 45	65,6	-3,8	23 50	5 19	11 18	◑	22 12
2.	p	183.	3 51	11 48	19 44	65,5	-4,0	–	6 01	12 24		
3.	sz	184.	3 51	11 48	19 44	65,4	-4,2	0 07	6 42	13 30		
4.	v	185.	3 52	11 48	19 44	65,3	-4,4	0 25	7 23	14 34		
		27. hét										
5.	h	186.	3 53	11 48	19 43	65,2	-4,6	0 45	8 06	15 40		
6.	k	187.	3 54	11 48	19 43	65,2	-4,7	1 08	8 51	16 45		
7.	sz	188.	3 54	11 49	19 43	65,0	-4,9	1 37	9 38	17 49		
8.	cs	189.	3 55	11 49	19 42	64,9	-5,1	2 12	10 28	18 49		
9.	p	190.	3 56	11 49	19 41	64,8	-5,2	2 56	11 19	19 42		
10.	sz	191.	3 57	11 49	19 41	64,7	-5,4	3 50	12 12	20 27	●	2 17
11.	v	192.	3 58	11 49	19 40	64,5	-5,5	4 53	13 04	21 04		
		28. hét										
12.	h	193.	3 59	11 49	19 39	64,4	-5,6	6 02	13 55	21 34		
13.	k	194.	4 00	11 49	19 39	64,3	-5,8	7 13	14 44	22 00		
14.	sz	195.	4 01	11 50	19 38	64,1	-5,9	8 27	15 31	22 21		
15.	cs	196.	4 02	11 50	19 37	64,0	-6,0	9 41	16 18	22 41		
16.	p	197.	4 03	11 50	19 36	63,8	-6,1	10 55	17 05	23 01		
17.	sz	198.	4 04	11 50	19 35	63,6	-6,2	12 11	17 53	23 23	◐	11 12
18.	v	199.	4 05	11 50	19 35	63,5	-6,2	13 30	18 44	23 47		
		29. hét										
19.	h	200.	4 06	11 50	19 34	63,3	-6,3	14 51	19 39	–		
20.	k	201.	4 07	11 50	19 33	63,1	-6,4	16 13	20 37	0 17		
21.	sz	202.	4 08	11 50	19 32	62,9	-6,4	17 31	21 39	0 55		
22.	cs	203.	4 09	11 50	19 30	62,7	-6,5	18 39	22 42	1 44		
23.	p	204.	4 10	11 50	19 29	62,5	-6,5	19 34	23 45	2 47		
24.	sz	205.	4 11	11 50	19 28	62,3	-6,5	20 17	–	4 00	○	3 37
25.	v	206.	4 13	11 50	19 27	62,1	-6,5	20 49	0 43	5 17		
		30. hét										
26.	h	207.	4 14	11 50	19 26	61,8	-6,6	21 14	1 37	6 35		
27.	k	208.	4 15	11 50	19 25	61,6	-6,5	21 35	2 27	7 50		
28.	sz	209.	4 16	11 50	19 23	61,4	-6,5	21 54	3 12	9 01		
29.	cs	210.	4 18	11 50	19 22	61,1	-6,5	22 11	3 56	10 10		
30.	p	211.	4 19	11 50	19 21	60,9	-6,5	22 29	4 37	11 16		
31.	sz	212.	4 20	11 50	19 19	60,7	-6,4	22 48	5 19	12 22	◑	14 17

Július

nap	Julián dátum 12^h UT	θ_{gr} 0^h UT h m s	névnapok
1.	2 459 397	18 37 05	Tihamér, Annamária, Áron, Előd, Gyula, Olivér
2.	2 459 398	18 41 01	Ottó, Jenő, Mária
3.	2 459 399	18 44 58	Kornél, Soma, Bernát, Napsugár, Tamás
4.	2 459 400	18 48 55	Ulrik, Berta, Betti, Illés, Izabella, Rajmund, Ramón
27. hét			
5.	2 459 401	18 52 51	Emese, Sarolta, Antal, Vilmos
6.	2 459 402	18 56 48	Csaba, Dominika, Mária, Tamás
7.	2 459 403	19 00 44	Apollónia, Apolka, Donát
8.	2 459 404	19 04 41	Ellák, Eszter, Izabella, Jenő, Liza, Terézia, Zsóka
9.	2 459 405	19 08 37	Lukrécia, Koppány, Margit, Vera, Veronika
10.	2 459 406	19 12 34	Amália, Alma
11.	2 459 407	19 16 30	Nóra, Lili, Eleonóra, Helga, Lilla, Nelli, Olga, Olivér
28. hét			
12.	2 459 408	19 20 27	Izabella, Dalma, Eleonóra, Ernő, János, Leonóra, Nóra
13.	2 459 409	19 24 24	Jenő, Ernő, Henrietta, Henrik, Jakab, Sára, Sarolta
14.	2 459 410	19 28 20	Örs, Stella, Esztella, Ferenc, Zalán
15.	2 459 411	19 32 17	Henrik, Roland, Leonóra, Loránd, Lóránt, Stella
16.	2 459 412	19 36 13	Valter, Aténé, Kármen, Mária
17.	2 459 413	19 40 10	Endre, Elek, Magda, Magdolna, Róbert, Szabolcs
18.	2 459 414	19 44 06	Frigyes, Arnold, Hedvig, Kamilla, Milán
29. hét			
19.	2 459 415	19 48 03	Emília, Alfréd, Ambrus, Aranka, Aurélia, Stella, Vince
20.	2 459 416	19 51 59	Illés, Margaréta, Margit, Marina
21.	2 459 417	19 55 56	Dániel, Daniella, Angéla, Angelina, Júlia, Lőrinc
22.	2 459 418	19 59 53	Magdolna, Léna, Lenke, Magda, Magdaléna, Mária
23.	2 459 419	20 03 49	Lenke, Brigitta
24.	2 459 420	20 07 46	Kinga, Kincső, Bernát, Csenge, Kriszta, Krisztina, Lujza
25.	2 459 421	20 11 42	Kristóf, Jakab, Krisztofer, Valentin, Valentina, Zsaklin
30. hét			
26.	2 459 422	20 15 39	Anna, Anikó, Anett, Anilla, Anita, Panna
27.	2 459 423	20 19 35	Olga, Liliána, György, Kamilla, Krisztián, Natália
28.	2 459 424	20 23 32	Szabolcs, Botond, Győző, Szeréna, Viktor
29.	2 459 425	20 27 28	Márta, Flóra, Bea, Beatrix, Virág
30.	2 459 426	20 31 25	Judit, Xénia, Julietta
31.	2 459 427	20 35 22	Oszkár, Elena, Eleni, Helén, Heléna, Ignác, Ilona, Léna



A déli égbolt július 15-én 20:00-kor (UT)

Bolygók

Merkúr: A hónap első felében megfigyelésre kedvező helyzetben van. 4-én kerül a legnagyobb nyugati kitérésbe, 21,6°-ra a Naptól, ekkor egy és negyed órával kel a Nap előtt. Láthatósága a hónap közepéig nem változik, ezután lassan, majd 20-a után gyorsan romlik, és 25-e után eltűnik a kelő Nap fényében.

Vénusz: Napnyugta után látható a nyugati ég alján mint fehér fényű, ragyogó égitest. Közel másfél órával nyugszik a Nap után. Noha egyre távolabb látszik a Naptól, az ekliptika látóhatárhoz viszonyított hajlásszögének csökkenése miatt láthatósága nem javul. Fényessége -3,9^m, fázisa 0,9-ről 0,82-ra csökken, átmérője 11,1″-ről 12,6″-re nő.

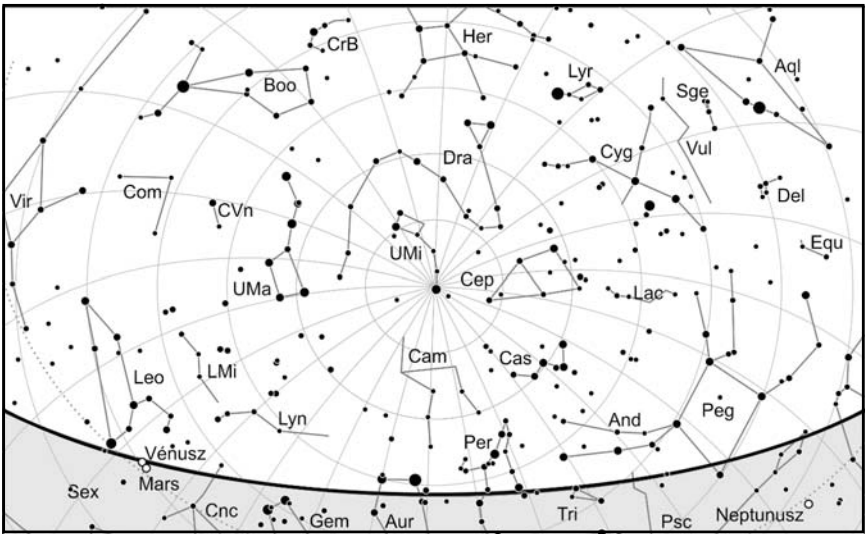
Mars: Előretartó mozgást végez a Rák, 10-étől az Oroszlán csillagképben. Láthatósága fokozatosan romlik, napnyugta után kereshető a nyugati látóhatár közelében, este nyugszik. Nem könnyű megtalálni, mert fénye egyre inkább belevész az alkonyatba. Fényessége 1,8^m-ról 1,9^m-ra, látszó átmérője 3,9″-ről 3,7″-re csökken.

Jupiter: Hátráló mozgást végez a Vízöntő csillagképben. Késő este kel, az éjszaka nagyobb részében látható a feltűnően fényes bolygó a déli égen. Fényessége -2,7^m, átmérője 47″.

Szaturnusz: Hátráló mozgást végez a Bak csillagképben. Este kel, majdnem egész éjszaka megfigyelhető alacsonyan, déli irányban. Fényessége 0,3^m, átmérője 18″.

Uránusz: Éjfél körül kel, az éjszaka második felében látható. Előretartó mozgása a Kos csillagképben egyre lassul.

Neptunusz: A késő esti órákban kel. Az éjszaka nagy részében látható, hátráló mozgást végez a Vízöntő csillagképben.



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

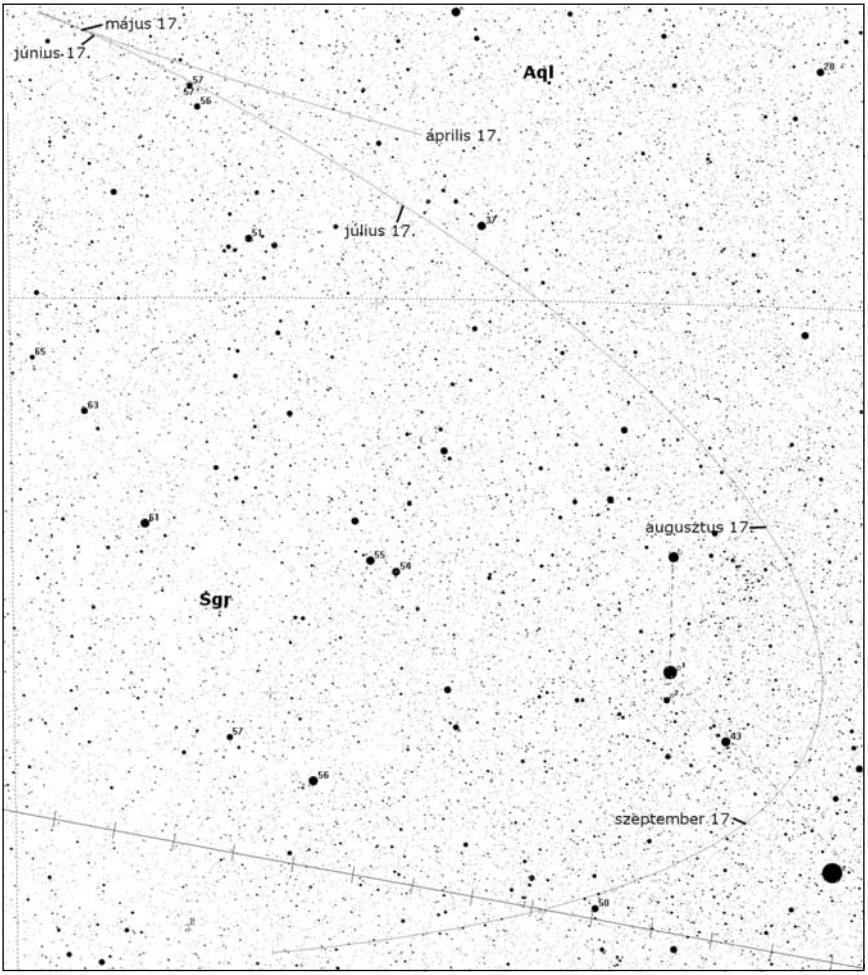
Eseménynaptár (UT)

Dátum	Idő	Esemény
07.03	11:28	a (27) Euterpe kisbolygó oppozícióban (10,3 magnitúdós, Nyilas csillagkép)
07.04	19:45	a Merkúr legnagyobb nyugati elongációja (21,6°, 0,5 magnitúdós, 7,9" átmérő, 37% fázis, Bika csillagkép)
07.05	00:35	az Uránusz 5,0°-ra nyugatra látható a 21,6%-os, csökkenő fázisú Holdtól a hajnali szürkületben a Kos csillagképben
07.05	04:01	a (83) Beatrix kisbolygó oppozícióban (11,0 magnitúdós, Nyilas csillagkép)
07.05	14:54	a Hold földtávolban (405 311 km, látszó átmérő: 29'28", 17,3%-os, csökkenő holdfázis)
07.05	22:27	a Föld naptávolban (1,01673 CSE-re, 152,100532 millió km-re)
07.06	16:39	a Hold minimális librációja (l = -0,31°, b = 0,32°, 10,3%-os, csökkenő holdfázis)
07.08	11:57	a (48) Doris kisbolygó oppozícióban (11,3 magnitúdós, Nyilas csillagkép)
07.09	02:12	23 óra 5 perces holdsarló 1,5° magasan a reggeli égen (a Merkúrtól 11°-ra keletre)
07.09	17:55	a Merkúr dichotómiája (20,7°-os nyugati elongáció, 7,1" látszó átmérő)
07.12	09:37	a Vénusz 2,8°-ra délre látható az 5,7%-os, növekvő fázisú Holdtól a nappali égen 28°-os elongációban a Naptól
07.12	19:23	a Vénusz 4,3°-ra DNy-ra látható a 7,8%-os, növekvő fázisú Holdtól az esti szürkületben az Oroszlán csillagképben
07.12	19:23	a Mars 4,6°-ra DNy-ra látható a 7,8%-os, növekvő fázisú Holdtól az esti szürkületben az Oroszlán csillagképben

Dátum	Idő	Esemény
07.12	21:55	a (30) Urania kisbolygó (11,3 magnitúdós) 4'-cel délre látható az NGC 6284 gömbhalmaztól (7,5 magnitúdós) a Kígyótartó csillagképben
07.13	00:46	a Mars naptávolban, távolsága 1,665955 CSE
07.13	13:37	a Vénusztól a nappali égen 28' távolságra a Mars, 28°-os elongációban a Naptól
07.13	15:12	a (84) Klio kisbolygó oppozícióban (10,6 magnitúdós, Nyilas csillagkép)
07.13	19:22	a Vénusz és a Mars 29,3'-es közelsége az esti szürkületben az Oroszlán csillagképben
07.13	22:13	a Hold maximális librációja (l = -5,62°, b = -6,69°, 15,3%-os, növekvő holdfázis)
07.14	06:58	a (65) Cybele kisbolygó oppozícióban (10,7 magnitúdós, Nyilas csillagkép)
07.14	13:27	a (92) Undina kisbolygó oppozícióban (10,4 magnitúdós, Nyilas csillagkép)
07.16	21:25	a (27) Euterpe kisbolygó (10,9 magnitúdós) 20'-cel északra látható az M22 gömbhalmaztól (6,7 magnitúdós) a Nyilas csillagképben
07.16	22:31	a (92) Undina kisbolygó (10,7 magnitúdós) 9'-cel ÉNy-ra látható az 51 Sgr-től (5,6 magnitúdós)
07.17	22:43	a (134340) Pluto oppozícióban a Nyilas csillagképben (14,3 magnitúdós, 0,1" átmérő)
07.18	07:48	a (6) Hebe kisbolygó oppozícióban (8,0 magnitúdós, Sas csillagkép)
07.19	00:06	a 4P/Faye üstökös 53'-cel északra látható az Uránusztól a Kos csillagképben
07.19	20:29	a (23) Thalia kisbolygó oppozícióban (11,3 magnitúdós, Nyilas csillagkép)
07.20	17:41	a Hold minimális librációja (l = -0,45°, b = 0,36°, 84,9%-os, növekvő holdfázis)
07.20	23:08	a (27) Euterpe kisbolygó (11,0 magnitúdós) 12'-cel délre látható az NGC 6642 gömbhalmaztól (10,2 magnitúdós) a Nyilas csillagképben
07.21	10:32	a Hold földközelben (364542 km, látszó átmérő: 32'46", 90,4%-os, növekvő holdfázis)
07.22	00:31	a (7) Iris kisbolygó (9,9 magnitúdós) 6'-cel keletre látható a 62 Tau-tól (6,3 magnitúdós)
07.22	06:44	a (124) Alkeste kisbolygó oppozícióban (10,7 magnitúdós, Nyilas csillagkép)
07.24	20:45	a Szaturnusz 5,0°-ra ÉNy-ra látható a 99,2%-os, csökkenő fázisú Holdtól az esti szürkületben a Bak csillagképben
07.26	02:33	a Jupiter 4,8°-ra északra látható a 94,9%-os, csökkenő fázisú Holdtól a hajnali szürkületben a Vízöntő csillagképben
07.27	03:30	a Hold maximális librációja (l = 6,19°, b = 6,63°, 88,6%-os, csökkenő holdfázis)
07.27	21:43	a Neptunusz 4,7°-ra ÉNy-ra látható a 83,2%-os, csökkenő fázisú Holdtól a Vízöntő csillagképben
07.28	00:49	a 15P/Finlay üstökös 26'-cel keletre látható a τ Tau-tól (4,3 magnitúdós)
07.29	23:42	a (12) Victoria kisbolygó oppozícióban (8,3 magnitúdós, Sas csillagkép)
07.30		A Déli Delta Aquaridák meteorraj maximuma (ZHR = 25)
07.30		Az Alfa Capricornidák meteorraj maximuma (ZHR = 5)

Együttállás

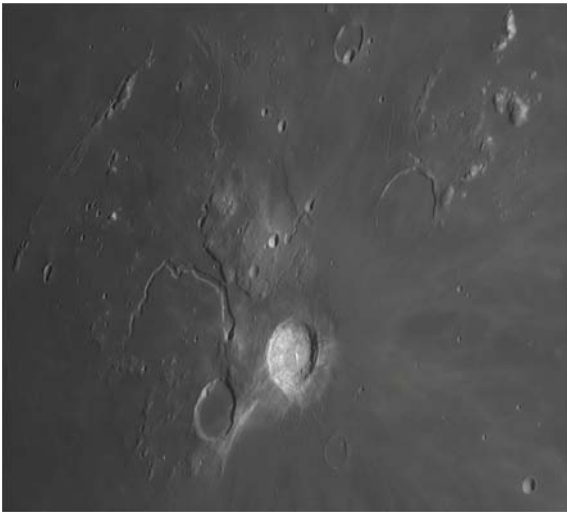
Július 12-én a Hold, a Vénusz és a Mars trióját szemlélhetjük a nyugati horizont felett. 19:30 UT-kor a -3,4 magnitúdós Vénusztól 40´-re lesz látható a 2 magnitúdós Mars, a horizont felett 5 fokkal. A duót a Hold 9 fok magasan lévő, 7,7%-os sarlója egészíti ki. A megfigyeléshez célszerű binokulárt használni.



A (6) Hebe kisbolygó keresőtérképe (oppozíció: július 18.)

A Väisälä-kráter

A holdi kráterek elnevezése mindig is vita tárgyát képezte. Ahogyan William Henry Pickering (1858–1938) 1904-ben írta: „A fő kráterek általában azoknak az embereknek a neveit viselik, akik keveset, vagy semmit sem tettek a szelenográfiáért". A Väisälä-kráter esetében egy apró, teljesen jelentéktelen kráterről van szó. A Väisälä 8 km-es gödörkráter az Aristarchus-plató keleti szélén, méretre és kinézetre szinte teljesen megegyezik délnyugati szomszédjával, az Aristarchus Z-kráterrel. De ha nagy távcsővel és nagyítással nézzük kiváló légköri kondícióknál, akkor felfedezhetünk némi különbséget. Az első, hogy a Väisälä élesebb peremű, fiatalosabb meg-



Az Aristarchus-régió a Väisälä-kráterrel Kurucz János saját készítésű 249/5000-es Cassegrain-reflektorával készült webkamerás felvételén. A kép 2019.02.17-én készült

jelenésű kráter, mint az Aristarchus Z. A másik, hogy közvetlenül nyugatra egy apró, két-három kilométeres krátert találunk. Keletre egy sekély kráter, vagy inkább kaldera vonja magára a figyelmet. Ez a fő forrása a több ágból álló, bonyolult szerkezetű Aristarchus-rianásnak. A Väisälától délre egy apró dómot láthatunk, ami nem is klasszikus holddóm, hanem inkább a Marius-dómmező markánsabb megjelenésű dómjaira emlékeztet. Az Aristarchus régió sokak szerint a legérdekesebb holdi terület. Vulkanikus eredete ma már nem kérdés. Itt található az egész holdfelület legnagyobb albedójú alakzata, az Aristarchus-kráter, és a legnagyobb meanderező rianás, a Vallis Schröteri. Az Oceanus Procellarum szintjénél mintegy 2 km-rel magasabb terület enyhén vöröses árnyalatú, ami az egész területet befedő vulkanikus hamu hatására, és nem hivatalosan Wood foltjaként is neveznek Robert Williams Wood (1868–1955) amerikai fizikus után. Az Aristarchus-kráter éppen ennek a „megadómnak" a délkeleti szélén keletkezett, talán 500 millió évvel ezelőtt, és a fényes sugársávjával beterítette a tágabb környezetének egy részét. A teleholdnál készült fotókon jól látható, hogy az Aristarchus-kráter után éppen az, a

tőle északra található szív alakú terület a legfényesebb, amely a Väisälä-kráternek is otthont ad. Már alacsonyabb napállásnál – amikor a környék a legjobban megfigyelhető – is feltűnik, hogy ez a rész jóval világosabb, mint a környezete. A Väisälä a lunáció 11. napjától figyelhető meg egészen addig, amíg a terület már túl fényessé válik a kráter megpillantásához. Ha a fogyó fázisnál észlelünk, akkor a 24–25. nap ajánlható. Nyilvánvaló, hogy egy 8 kilométeres kráter túl kicsi ahhoz, hogy önálló célpont legyen. Ha vizuálisan észlelünk, akkor hagyjuk ki az Aristarchus-krátert és a Vallis Schröterit, ezek túlságosan nagy és komplex alakzatok, és koncentráljunk az Aristarchus Z és a Väisälä-krátereket magában foglaló szív alakú területre, maximum a kis, 7 kilométeres Toscanelli-kráterig. Ha a légkör átlagon felül nyugodt, rengeteg részletet látunk. A legizgalmasabb és legérdekesebb a kráterünktől északkeletre húzódó Rupes Toscanelli és a már említett Aristarchus-rianás. Az Aristarchus-rianás egyik ága rajzolja ki a holdbéli Duna vonalát, a Prinz-kráter közelében, de ez már egy másik észlelés tárgya.

Csillagfedések

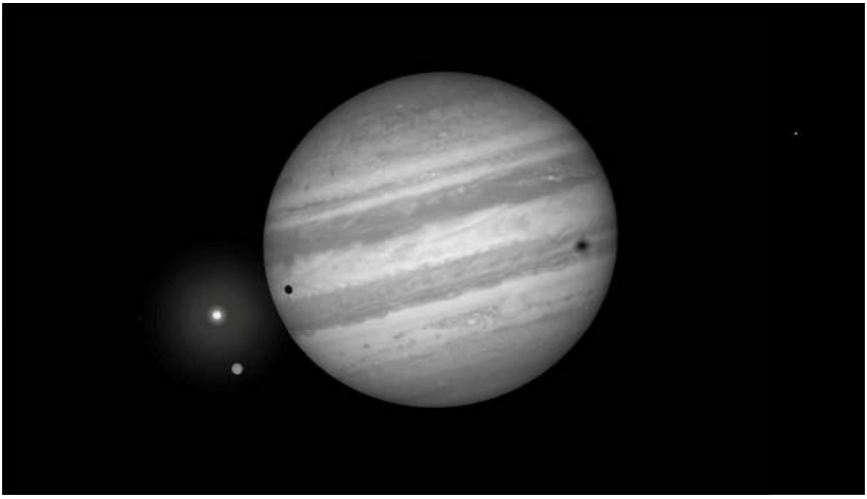
dátum		UT			J	csillag No		Hold	Nap	Hold	pozíció		korrekció	
hó	nap	h	m	s			m_v	fázis	h	h	CA	PA	a	b
06	1	2	58	30,5	r	18	5,8	58-	0	35	44S	201	+0,8	+2,0
06	4	1	27	2,5	r	344	8,4	29-	-11	19	67S	226	+0,1	+2,1
06	6	1	18	52,0	r	575	8,0	14-		10	53N	293	+0,1	+1,1
06	8	2	29	27,1	r	839	5,4	3-	-4	10	52N	307	+0,2	+0,7
06	17	19	35	27,2	D	1996	6,7	54+	-9	23	34S	167	+0,6	-2,2
06	18	20	0	6,3	d	158842	7,2	66+	-12	21	76N	93	+1,4	-1,1
06	22	18	31	1,1	D	2750	2,1	98+	-1	5	53N	36	+1,9	+2,6
06	22	19	6	27,3	R	2750	2,1	98+	-6	9	-9N	333	+0,3	-0,5
06	27	0	15	27,3	R	3374	6,1	90-		28	36S	201	+0,9	+1,7
06	30	0	11	44,2	r	109805	7,5	65-		28	72S	231	+0,7	+2,0
06	31	2	27	45,1	r	110353	7,8	54-	-8	45	39S	199	+0,5	+2,6

Két Galilei-hold árnyéka a Jupiteren július 29-én

A Jupiter három hétre van az oppozíciójától, így a holdak és árnyékvetésük a Földről nézve nagyon közel látszik egymáshoz. Távol az oppozíciótól nagy időkülönbséggel látjuk őket, nagyban elválik a két esemény. Igaz hogy árnyékvetést viszonylag gyakran láthatunk, két holdét egyszerre megfigyelni viszont különleges esemény.

Ezen az estén a legbelső Io és a legkülső Callisto árnyéka lesz egyszerre az óriásbolygón. Sajnos a jelenségeket közel a látóhatárhoz láthatjuk, érdemes jó délkeleti horizontú észlelőhelyet választani. A Jupiter 19:20 UT körül kel (keleten hamarabb), ekkor a Callisto árnyéka már a bolygó felhőin látszik. A kis fekete pöttyöt az egyenlítőtől délre, a nyugati perem közelében kell keresnünk. A két árnyékvető hold a bolygótól keletre látszik ekkor. 20:05 UT-kor megjelenik az Io árnyéka a Jupiter keleti peremén, miközben a Callistóé már egészen nyugatra húzódott. Az Io árnyéka nagyobb és kontrasztosabb (annak ellenére, hogy maga a hold kisebb a Callistó-

nál, hiszen a legkülső hold árnyékkúpja jóval hosszabb, így jelentősen elvékonyodik, a penumbrája miatt diffúzzá válik mire a bolygóig elér). Megfigyelhető a szögtávolság különbsége is: az Io 10 ívmásodpercre van a Jupiterre vetülő árnyékától, míg a Callisto 50 ívmásodpercre. Az Io árnyéka gyorsan halad szinte az egyenlítő vonalában, és fél órával később, 20:37-kor a korongja is a bolygó elé ér. Ekkor a Callisto árnyéka már nagyon a bolygókorong szélén lesz látható, elvben 2 perccel később hagyja el azt. Maga a hold még ekkor is 5 ívmásodpercre lesz a Jupiter keleti peremétől, hiszen csak 21:10 UT-kor kerül eléje. Ekkor már két árnyékot nem, viszont innentől két hold korongját láthatjuk a Jupiter előtt, miközben az egyik árnyékának vonulását még figyelhetjük. Ebben az időben már 15° magasan lesz a bolygó a horizont felett. Akik tovább figyelik a bolygót, láthatják, amint az Io árnyéka 22:24-kor elhagyja a bolygót, maga a hold 22:55-kor vonul le. A lassabban mozgó Callisto korongja viszont csak hajnalban, 1:31 UT-kor hagyja el a Jupitert.



20:15 UT-kor Az Io árnyéka már belépett a Jupiter keleti peremén, miközben a Callisto árnyéka még látszik nyugaton. A két hold a bolygótól keletre figyelhető meg egymás mellett.

Jupiter-holdak kölcsönös jelenségei júliusban

Dátum		kezdete			vége			típus	idő-tar-tam	centr távl(˝)	Δm	Jupiter	Jup alt.	Nap alt.	hold fázisa
hó	nap	h	m	s	h	m	s								
7	1	21	43	5	21	46	1	1E2	2.9	0,925	0,019	127,71	4	–18	0,493
7	4	0	6	19	0	10	0	3E1	3.7	0,896	0,040	85,08	24	–17	0,365
7	7	0	47	13	0	49	3	1E3	1.8	0,970	0,005	96,70	28	–15	0,184
7	9	0	5	54	0	7	19	1E2	1.4	0,985	0,002	130,49	26	–18	0,064

A táblázat oszlopainak magyarázata a márciusi előrejelzésnél található

A 15P/Finlay-üstökös

A 6 év keringési periódusú üstököst William Henry Finlay fedezte fel a Cape Obszervatórium 18 cm-es refraktorával 1886. szeptember 26-án 11 magnitúdós fényességnél. 1906-os visszatérésekor 0,3 CSE-re haladt el Földünkről, így fényessége elérte a 6 magnitúdót. A Jupiter által 1910-ben okozott kedvezőtlen pályamódosulások, a keringési idő növekedése miatt 1913-as visszatérése megfigyelésre kedvezőtlen volt, csakúgy, mint az 1919-es kedvező visszatérését követőek egészen 1953-ig, amikor újra felfedezték. Ezt követően minden visszatérését sikerült megfigyelni a viszonylag halvány, vizuális megfigyelők számára kevéssé izgalmas kométának, bár 2014. december 16-án bekövetkezett kitörése során 11 magnitúdóról 9 magnitúdósra fényesedett. Alig egy héttel később az üstökös alig 10'-re volt az égen a Marstól az esti szürkületben. Szeptemberi perihéliumátmenetei jelenthetnek igen kedvező megfigyelési lehetőségeket az akár 5 magnitúdós fényességet is elérő üstökösre, azonban ilyen alkalom legközelebb 2034-ben következik be. Az üstökös pályájának érdekessége, hogy legközelebbi pontja alig 1,3 millió km-re van a földpálya megfelelő pontjától, 2060-as visszatérésekor alig 6±2,5 millió km-re fog elhaladni bolygónktól.

dátum	RA	Dec	Δ	r	fényesség
01.01	16h 50'31.9"	-26°27'32"	3.360	2.517	18.6
01.11	17h 10'32.7"	-27°04'50"	3.210	2.432	18.4
01.21	17h 31'32.6"	-27°34'45"	3.049	2.345	18.1
01.31	17h 53'34.5"	-27°55'57"	2.881	2.257	17.8
02.10	18h 16'43.8"	-28°06'58"	2.706	2.168	17.5
02.20	18h 41'05.2"	-28°06'03"	2.527	2.077	17.2
03.02	19h 06'45.6"	-27°51'01"	2.347	1.985	16.8
03.12	19h 33'54.5"	-27°19'13"	2.168	1.891	16.4
03.22	20h 02'41.0"	-26°27'21"	1.993	1.797	16.0
04.01	20h 33'16.9"	-25°11'12"	1.824	1.703	15.6
04.11	21h 05'55.4"	-23°25'34"	1.665	1.609	15.2
04.21	21h 40'46.4"	-21°04'32"	1.518	1.515	14.7
05.01	22h 17'58.6"	-18°01'58"	1.388	1.423	14.2
05.11	22h 57'34.5"	-14°13'00"	1.277	1.334	13.8
05.21	23h 39'23.9"	-09°37'07"	1.189	1.249	13.3
05.31	00h 23'07.5"	-04°20'52"	1.128	1.172	12.9
06.10	01h 08'15.3"	+01°20'04"	1.095	1.104	12.6
06.20	01h 54'08.1"	+07°02'19"	1.088	1.049	12.4
06.30	02h 40'07.2"	+12°21'16"	1.106	1.011	12.3
07.10	03h 25'35.0"	+16°57'14"	1.144	0.993	12.3
07.20	04h 09'50.6"	+20°38'45"	1.194	0.996	12.4
07.30	04h 52'15.0"	+23°23'13"	1.251	1.021	12.6
08.09	05h 32'11.2"	+25°14'35"	1.309	1.064	12.9
08.19	06h 09'05.9"	+26°20'52"	1.363	1.122	13.2
08.29	06h 42'39.7"	+26°52'02"	1.411	1.193	13.5
09.08	07h 12'43.6"	+26°58'03"	1.450	1.273	13.9
09.18	07h 39'14.3"	+26°48'06"	1.478	1.359	14.2
09.28	08h 02'15.5"	+26°30'05"	1.494	1.449	14.5

dátum	RA	Dec	Δ	r	fényesség
10.08	08h 21'49.5"	+26°10'40"	1.499	1.542	14.8
10.18	08h 37'54.2"	+25°55'33"	1.493	1.636	15.0
10.28	08h 50'26.0"	+25°49'22"	1.478	1.730	15.2
11.07	08h 59'13.9"	+25°55'55"	1.455	1.825	15.4
11.17	09h 04'01.5"	+26°17'50"	1.428	1.918	15.6
11.27	09h 04'34.2"	+26°55'52"	1.402	2.011	15.8
12.07	09h 00'39.3"	+27°48'18"	1.382	2.103	15.9
12.17	08h 52'21.8"	+28°49'52"	1.374	2.194	16.1
12.27	08h 40'17.8"	+29°52'01"	1.385	2.283	16.3

Évfordulók

400 éve halt meg Thomas Harriot

Thomas Harriot (Hariot és Harriott néven is említik), az „angol Galileo", ahogy egy életrajzírója nevezte, 1560-ban született Oxfordban. Korai éveiről semmit sem tudunk az oxfordi egyetem egy 1577. december 20-i feljegyzésén kívül: „Thomas Heriot, oxfordi, közrendű fia, 17 éves". Ekkoriban ismerkedhetett meg Sir Walter Raleigh-vel, akit elkísért amerikai útjára. Ennek eredménye lett Harriot egyetlen publikált műve, Virginia leírása: *A briefe and true report of the new found land of Virginia* (London, 1588).

Harriot azonban nem erről nevezetes. Ő volt feltehetően az első, aki távcsövet készített, és azzal a Holdat vizsgálta – hónapokkal Galilei előtt. Megfigyeléseit – sem ekkor, sem később – nem publikálta, így eredményei nagyrészt ismeretlenek maradtak (ahogy a 19. század közepén Argelander megfogalmazta: „az asztalfiókba temetett észlelések nem észlelések"). Kortársai azonban ismerték, és értékelték munkáit. Őt tartották John Dee (1527–1608) és Thomas Digges (1546 k. – 1595) mellett Anglia legkiemelkedőbb matematikusának. A kontinensen is ismerték, erről tanúskodik levelezése Keplerrel.

A matematikusok az algebra egyik korai modern előfutárának tekintik, de ilyen jellegű munkássága is csak napjainkban vált ismertté. Csillagászati munkásságával pedig több tekintetben is megelőzte Galileit: távcsövet készített, megfigyelte a Holdat és a napfoltokat, majd Galilei *Sidereus nuncius*ának elolvasása után a Jupiter holdjait is.

1621. július 2-án halt meg Londonban. Hagyatékának egyik kezelője Zách János Ferenc (1754–1832) volt, aki sajnos nem állt feladata magaslatán. Friedrich Wilhelm Bessel (1784–1846) volt az, aki a Harriot észlelései alapján számított üstökös pályával megmutatta, hogy az angol csillagász milyen kiváló megfigyelő is volt.

Harriot nevét őrzi egy kráter a Hold tőlünk nem látható oldalán, valamint az (5548) Thosharriot kisbolygó.

50 éve halt meg Yrjö Väisälä

Yrjö Väisälä, a finn csillagászat jelentős alakja, 1891. szeptember 6-án született Kontiolahtiban. Helsinkiben szerzett doktorátust fizikából 1922-ben. Nem sokkal később a turkui egyetemre került a fizika, majd 1928-tól a csillagászat professzoraként. Ő alapította az egyetem obszervatóriumát. Egész életében Turkuban dolgozott és tanított. 1971. július 21-én halt meg Rymättyläban.

Az optika érdekelte leginkább. Kéziratai tanúsága szerint több, másról elnevezett optikai elrendezést (pl. Schmidt, Makszutov) ő már előbb megtervezett, de nem publikálta ezeket. Az 1930-as évek közepén viszont írt néhány cikket a távcsövekről (Anastigmatisches Spiegelteleskop der Sternwarte der Universität Turku, *Astronomische Nachrichten* 241, cols. 361–364, 1935 és Über Spiegelteleskope mit großem Gesichtsfeld, *Astronomische Nachrichten* 259, cols. 197–204, 1936).

Kisbolygó-megfigyeléseit szintén az *Astronomische Nachrichten*ben, illetve a *Minor Planet Circular*ban publikálta. Kidolgozott egy eljárást is a pályaszámítás egyszerűsítésére (ez a módszer volt a témája Kulin György doktori értekezésének: *A Gauss- és Väisälä-módszer kritikai összehasonlítása*, Budapest, 1939).

Az általa alapított obszervatóriumban több üstököst és 800-nál is több kisbolygót fedezett fel tanítványaival. 1942-ben, amikor a II. világháború miatt a városokat el kellett sötétíteni, Väisälä 141 új aszteroidát talált.

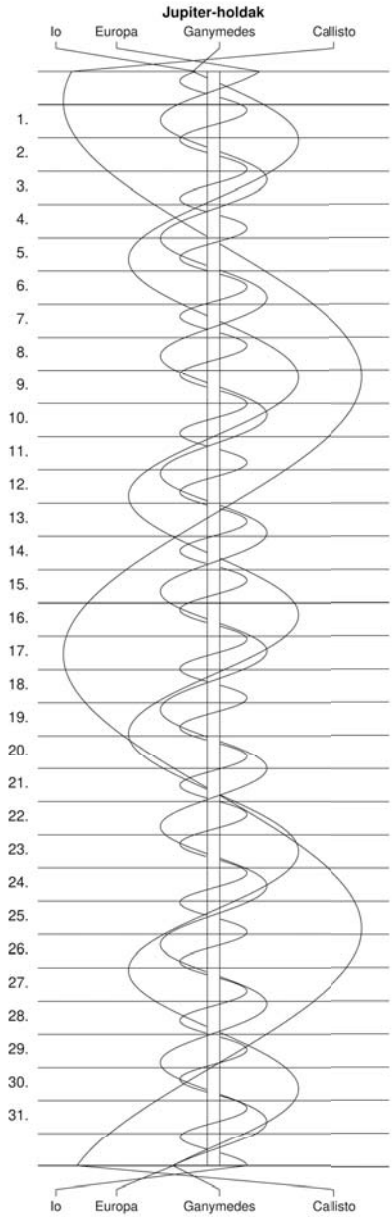
Eredményei elismeréseként 1951-ben a Finn Akadémia tagjai közé választotta. Az asztroszeizmológiában máig sokat emlegetett Brunt–Väisälä-frekvencia nem az ő, hanem testvére, a meteorológus, fizikus Vilho (1889–1969) emlékét őrzi.

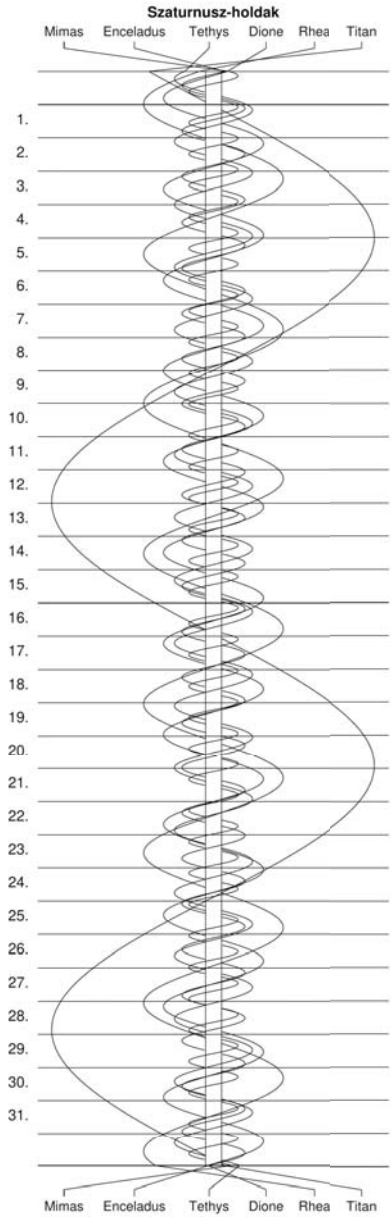
Jupiter-holdak

nap	UT h:m	hold	jelenség
3	22:27.5	Ganymedes	ev
	23:50.8	Europa	ák
4	1:54.5	Europa	ek
	23:43.2	Callisto	mk
5	1:25.5	Io	ák
	22:43.2	Io	fk
	23:07.6	Europa	mv
6	2:01.1	Io	mv
	22:12.1	Io	áv
	23:11.3	Io	ev
10	22:16.0	Ganymedes	áv
	22:24.9	Ganymedes	ek
11	1:58.8	Ganymedes	ev
12	20:47.6	Europa	fk
	21:45.4	Callisto	ák
13	0:37.0	Io	fk
	1:29.5	Europa	mv
	21:48.2	Io	ák
	22:40.5	Io	ek
14	0:06.4	Io	áv
	0:58.2	Io	ev
	22:13.9	Io	mv
17	22:38.0	Ganymedes	ák
18	1:51.9	Ganymedes	ek
	2:16.4	Ganymedes	áv
19	23:24.7	Europa	fk
20	23:42.5	Io	ák
21	0:26.3	Io	ek
	2:00.9	Io	áv
	20:59.3	Io	fk
	21:06.8	Europa	áv
	22:29.2	Europa	ev

nap	UT h:m	hold	jelenség
21	23:59.1	Io	mv
22	20:29.5	Io	áv
	21:10.6	Io	ev
27	2:02.0	Europa	fk
28	1:36.9	Io	ák
	2:11.4	Io	ek
	20:50.5	Europa	ák
	21:56.6	Europa	ek
	22:30.8	Ganymedes	mv
	22:53.2	Io	fk
	23:41.0	Europa	áv
29	0:44.9	Europa	ev
	1:43.6	Io	mv
	20:05.5	Io	ák
	20:37.6	Io	ek
	20:39.4	Callisto	áv
	21:10.6	Callisto	ek
	22:24.0	Io	áv
	22:55.6	Io	ev
30	1:31.8	Callisto	ev
	20:09.6	Io	mv

f = fogyatkozás: a hold a Jupiter árnyékában
á = átvonulás: a hold árnyéka a Jupiteren
e = előtte: a hold a Jupiter korongja előtt
m = mögötte: a hold a Jupiter korongja mögött
k = a jelenség kezdete
v = a jelenség vége


Jupiter-holdak
Io
Europa
Ganymedes
Callisto
1.
2.
3.
4.
5.
6.
7.
8.
9.
10.
11.
12.
13.
14.
15.
16.
17.
18.
19.
20.
21.
22.
23.
24.
25.
26.
27.
28.
29.
30.
31.
Io
Europa
Ganymedes
Callisto


Szaturnusz-holdak
Mimas
Enceladus
Tethys
Dione
Rhea
Titan
1.
2.
3.
4.
5.
6.
7.
8.
9.
10.
11.
12.
13.
14.
15.
16.
17.
18.
19.
20.
21.
22.
23.
24.
25.
26.
27.
28.
29.
30.
31.
Mimas
Enceladus
Tethys
Dione
Rhea
Titan

λ = 19°, φ = 47,5°

Kalendárium – augusztus

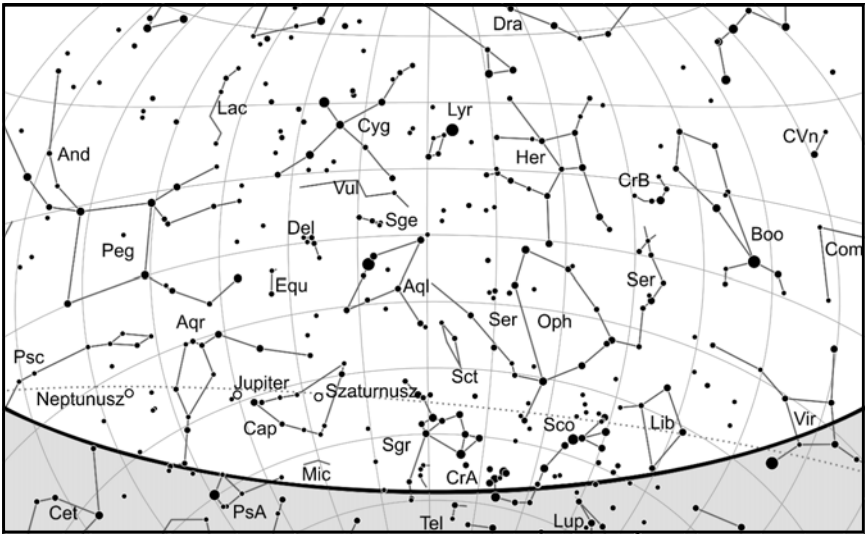
KÖZEI

dátum			Nap kel, h m	Nap delel, h m	Nap nyugszik, h m	h_d °	E_t m	Hold kel, h m	Hold delel, h m	Hold nyugszik, h m	fázis	h m
1.	v	213.	4 21	11 50	19 18	60,4	-6,4	23 10	6 01	13 28		
		31. hét										
2.	h	214.	4 23	11 50	19 17	60,1	-6,3	23 36	6 45	14 33		
3.	k	215.	4 24	11 50	19 15	59,9	-6,2	–	7 32	15 38		
4.	sz	216.	4 25	11 50	19 14	59,6	-6,1	0 09	8 21	16 40		
5.	cs	217.	4 26	11 50	19 12	59,4	-6,0	0 50	9 12	17 36		
6.	p	218.	4 28	11 50	19 11	59,1	-5,9	1 41	10 04	18 24		
7.	sz	219.	4 29	11 49	19 09	58,8	-5,8	2 41	10 57	19 04		
8.	v	220.	4 30	11 49	19 08	58,5	-5,7	3 49	11 49	19 36	●	14 50
		32. hét										
9.	h	221.	4 32	11 49	19 06	58,2	-5,6	5 01	12 39	20 03		
10.	k	222.	4 33	11 49	19 04	57,9	-5,4	6 15	13 28	20 26		
11.	sz	223.	4 34	11 49	19 03	57,6	-5,3	7 30	14 16	20 47		
12.	cs	224.	4 36	11 49	19 01	57,3	-5,1	8 46	15 03	21 07		
13.	p	225.	4 37	11 48	18 59	57,0	-4,9	10 02	15 51	21 27		
14.	sz	226.	4 38	11 48	18 58	56,7	-4,7	11 19	16 41	21 50		
15.	v	227.	4 40	11 48	18 56	56,4	-4,5	12 39	17 33	22 18	◐	16 21
		33. hét										
16.	h	228.	4 41	11 48	18 54	56,1	-4,3	13 59	18 29	22 52		
17.	k	229.	4 42	11 48	18 52	55,8	-4,1	15 17	19 28	23 36		
18.	sz	230.	4 43	11 47	18 51	55,5	-3,9	16 27	20 30	–		
19.	cs	231.	4 45	11 47	18 49	55,1	-3,7	17 26	21 31	0 32		
20.	p	232.	4 46	11 47	18 47	54,8	-3,5	18 12	22 30	1 39		
21.	sz	233.	4 47	11 47	18 45	54,5	-3,2	18 47	23 25	2 55		
22.	v	234.	4 49	11 46	18 43	54,1	-3,0	19 15	–	4 12	○	13 02
		34. hét										
23.	h	235.	4 50	11 46	18 41	53,8	-2,7	19 37	0 16	5 28		
24.	k	236.	4 51	11 46	18 40	53,5	-2,4	19 57	1 04	6 42		
25.	sz	237.	4 53	11 46	18 38	53,1	-2,2	20 15	1 48	7 52		
26.	cs	238.	4 54	11 45	18 36	52,8	-1,9	20 32	2 31	9 00		
27.	p	239.	4 55	11 45	18 34	52,4	-1,6	20 51	3 13	10 08		
28.	sz	240.	4 57	11 45	18 32	52,1	-1,3	21 12	3 56	11 14		
29.	v	241.	4 58	11 44	18 30	51,7	-1,0	21 36	4 39	12 20		
		35. hét										
30.	h	242.	4 59	11 44	18 28	51,4	-0,7	22 05	5 25	13 26	◑	8 14
31.	k	243.	5 01	11 44	18 26	51,0	-0,4	22 43	6 13	14 28		

Augusztus

nap	Julián dátum 12^h UT	θ_{gr} 0^h UT h m s	névnapok
1.	2 459 428	20 39 18	Boglárka, Gusztáv, Pálma, Péter, Zsófia
31. hét			
2.	2 459 429	20 43 15	Lehel, Gusztáv, Mária
3.	2 459 430	20 47 11	Hermina, István, Lídia, Terézia
4.	2 459 431	20 51 08	Domonkos, Dominika
5.	2 459 432	20 55 04	Krisztina, Ábel, Afrodité, Kriszta, Mária
6.	2 459 433	20 59 01	Berta, Bettina, Géza
7.	2 459 434	21 02 57	Ibolya, Afrodité, Albert, Arabella, Donát
8.	2 459 435	21 06 54	László, Dominik, Domonkos, Gusztáv
32. hét			
9.	2 459 436	21 10 51	Emőd, János, Roland
10.	2 459 437	21 14 47	Lőrinc, Bianka, Blanka, Csilla, Loránd, Lóránt, Roland
11.	2 459 438	21 18 44	Zsuzsanna, Tiborc, Klára, Lilian, Liliána, Lujza
12.	2 459 439	21 22 40	Klára, Hilda, Letícia
13.	2 459 440	21 26 37	Ipoly, Gerda, Gertrúd, Helén, Heléna, Ibolya, János
14.	2 459 441	21 30 33	Marcell, Menyhért
15.	2 459 442	21 34 30	Mária, Alfréd
33. hét			
16.	2 459 443	21 38 26	Ábrahám, István, Szeréna
17.	2 459 444	21 42 23	Jácint
18.	2 459 445	21 46 20	Ilona, Elena, Eleni, Helén, Heléna, Lenke
19.	2 459 446	21 50 16	Huba, Bernát, János, Lajos
20.	2 459 447	21 54 13	*Szent István ünnepe*; István, Bernát, Stefánia, Vajk
21.	2 459 448	21 58 09	Sámuel, Hajna, Erik, Erika, Franciska, Johanna
22.	2 459 449	22 02 06	Menyhért, Mirjam, Boglár, Boglárka, János, Mária
34. hét			
23.	2 459 450	22 06 02	Bence, Róza, Rózsa, Szidónia
24.	2 459 451	22 09 59	Bertalan, Albert, Aliz
25.	2 459 452	22 13 55	Lajos, Patrícia, Elemér, József, Tamás
26.	2 459 453	22 17 52	Izsó, Margit, Natália, Natasa, Rita
27.	2 459 454	22 21 49	Gáspár, József, Mónika
28.	2 459 455	22 25 45	Ágoston, Alfréd, Elemér, László
29.	2 459 456	22 29 42	Beatrix, Erna, Ernesztina, János, Kamilla, Szabina
35. hét			
30.	2 459 457	22 33 38	Róza, Letícia, Rózsa
31.	2 459 458	22 37 35	Erika, Bella, Aida, Hanga, Izabella, Rajmund, Ramóna

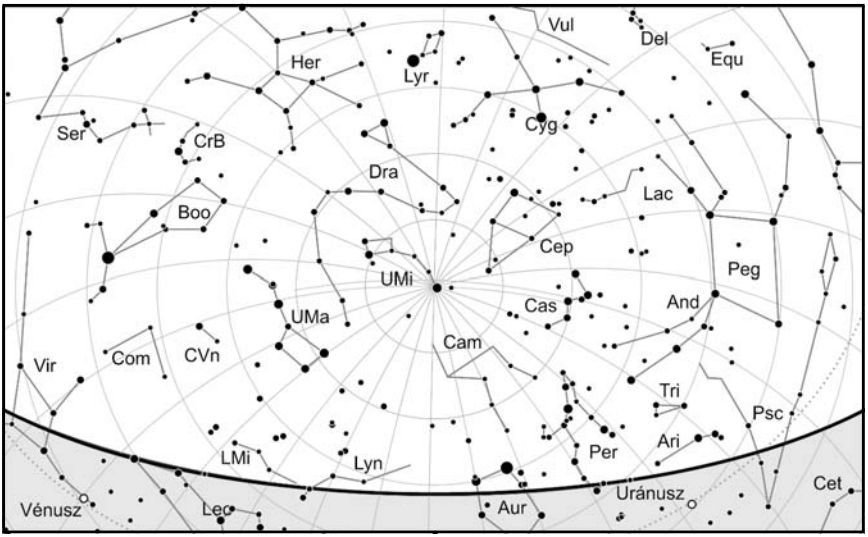
Az iszlám naptár 1443. évének kezdete (napnyugtakor) augusztus 9.



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

Bolygók

Merkúr: 1-jén van felső együttállásban a Nappal. 10-e után a napnyugtát követően kereshető, a nyugati látóhatárhoz közel. Ekkor fél órával nyugszik a Nap után. A hónap végén is csak 40 perccel a Napot követően nyugszik, e hónapban nincs megfigyelésre kedvező helyzetben.
Vénusz: A hónap folyamán az esti nyugati égen ragyog erős fehér fénnyel. Láthatósága lényegében nem változik, 80 perccel nyugszik a Nap után. Fényessége -3,9^m-ról -4,0^m-ra, átmérője 12,6″-ről 15″-re nő, fázisa 0,82-ról 0,73-ra csökken.
Mars: Előretartó mozgást végez az Oroszlán csillagképben. A hónap első napjaiban még kereshető napnyugta után a nyugati látóhatár közelében, de fokozatosan belevész az alkonyati fénybe. Ezután a Nap közelsége miatt nem figyelhető meg. Fényessége 1,9^m-ról 1,7^m-ra változik, látszó átmérője 3,7″-ről 3,6″-re csökken.
Jupiter: A Vízöntő, majd 19-től a Bak csillagképben végzi hátráló mozgását. 20-án van szembenállásban a Nappal. Egész éjszaka megfigyelhető a déli égen mint fényesen ragyogó sárgásfehér égitest. Fényessége -2,9^m, átmérője 49″.
Szaturnusz: A Bak csillagképben végzi hátráló mozgását. 2-án van szembenállásban a Nappal. Egész éjszaka látszik a déli ég alján. Fényessége 0,2^m-ról a hónap végére 0,4^m-ra, átmérője 18,6″-ről 18,4″-re csökken.
Uránusz: Késő éjszaka kel, az éjszaka második részében látható a Kos csillagképben. Előretartó mozgása 20-án hátrálóvá változik.
Neptunusz: Az esti órákban kel, az éjszaka nagy részében megfigyelhető. A Vízöntő csillagképben végzi hátráló mozgását.



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

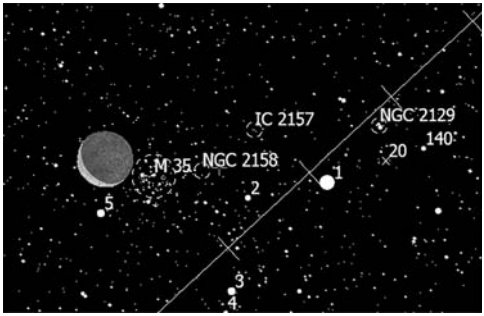
Eseménynaptár (UT)

Dátum	Idő	Esemény
08.01	01:55	az Uránusz 2,4°-ra ÉNy-ra látható a 45,1%-os, csökkenő fázisú Holdtól a hajnali szürkületben a Kos csillagképben
08.02	00:54	a 15P/Finlay üstökös 15'-cel északra látható az NGC 1758 nyílthalmaztól a Bika csillagképben
08.02	06:13	a Szaturnusz oppozícióban a Bak csillagképben (0,2 magnitúdós, 18,6" átmérő)
08.02	07:38	a Hold földtávolban (404 372 km, látszó átmérő: 29'32", 33,7%-os, csökkenő holdfázis)
08.03	00:01	a Hold minimális librációja (l = -0,12°, b = 0,13°, 27,7%-os, csökkenő holdfázis)
08.03	00:52	a 15P/Finlay üstökös 8'-cel keletre látható a 103 Tau-tól (5,5 magnitúdós)
08.04	01:05	a (7) Iris kisbolygó (9,9 magnitúdós) 13'-cel nyugatra látható a 98 Tau-tól (5,8 magnitúdós)
08.05	01:08	a 12,2%-os, csökkenő fázisú Holdtól 27,9' távolságra délre látható az M35 nyílthalmaz (NGC 2168, 5,3 magnitúdós) az Ikrek csillagképben
08.05	01:40	a 12,1%-os, csökkenő fázisú holdkorong peremétől 8' 53"-re délre látható az 5 Geminorum (5,8 magnitúdós)
08.06	01:10	a (20) Massalia kisbolygó (11,3 magnitúdós) 13'-cel délre látható az 1 Gem-től (4,2 magnitúdós)
08.07	02:50	35 órás holdsarló 8,7° magasan a reggeli égen
08.08	01:17	a 15P/Finlay üstökös 11'-cel nyugatra látható a 118 Tau-tól (5,5 magnitúdós)

Dátum	Idő	Esemény
08.09	01:03	a (20) Massalia kisbolygó (11,3 magnitúdós) 4'-cel keletre látható a 4 Gem-től (6,9 magnitúdós)
08.09	18:44	28 óra 54 perces holdsarló 2,4° magasan az esti égen (a Vénusztól 21°-ra ÉNy-ra, a Marstól 6,0°-ra ÉNy-ra)
08.09	19:11	a Hold maximális librációja (l = -4,86°, b = -6,55°, 1,9%-os, növekvő holdfázis)
08.11	01:01	a 15P/Finlay üstökös 23'-cel délre látható a 125 Tau-tól (5,2 magnitúdós)
08.11	18:41	a Vénusz 5,0°-ra DNy-ra látható a 11,7%-os, növekvő fázisú Holdtól az esti szürkületben a Szűz csillagképben
08.12	21:00	A Perseidák meteorraj maximuma (ZHR = 120)
08.15	01:58	a (80) Sappho kisbolygó oppozícióban (9,6 magnitúdós, Csikó csillagkép)
08.16	00:42	a 15P/Finlay üstökös 10'-cel ÉK-re látható a 139 Tau-tól (4,8 magnitúdós)
08.16	16:40	a Hold minimális librációja (l = -0,12°, b = 0,07°, 62,1%-os, növekvő holdfázis)
08.17	01:36	a (7) Iris kisbolygó (9,8 magnitúdós) 10'-cel északra látható a 118 Tau-tól (5,5 magnitúdós)
08.17	09:23	a Hold földközelben (369160 km, látszó átmérő: 32'22", 69,7%-os, növekvő holdfázis)
08.18	18:22	a Merkúr és a Mars 24'-es közelsége az esti szürkületben az Oroszlán csillagképben
08.18	20:14	a (25) Phocaea kisbolygó (11,3 magnitúdós) 13'-cel nyugatra látható az NGC 672 galaxistól (11,5 magnitúdós) a Háromszög csillagképben
08.19	05:57	a (43) Ariadne kisbolygó oppozícióban (8,9 magnitúdós, Vízöntő csillagkép)
08.20	00:26	a Jupiter oppozícióban a Bak csillagképben (-2,9 magnitúdós, 49,1" átmérő)
08.20	17:01	a (71) Niobe kisbolygó oppozícióban (10,8 magnitúdós, Vízöntő csillagkép)
08.21	00:23	a Szaturnusz 4,3°-ra északra látható a 97,3%-os, növekvő fázisú Holdtól a Bak csillagképben
08.23	11:31	a Hold maximális librációja (l = 5,37°, b = 6,52°, 98,7%-os, csökkenő holdfázis)
08.23	22:50	az (1) Ceres törpebolygó (8,9 magnitúdós) 7'-cel DK-re látható az 58 Tau-tól (5,3 magnitúdós)
08.24	01:52	a 4P/Faye üstökös 26'-cel nyugatra látható az ε Tau-tól (3,5 magnitúdós)
08.24	02:35	a Neptunusz 4,6°-ra északra látható a 97,0%-os, csökkenő fázisú Holdtól a hajnali szürkületben a Vízöntő csillagképben
08.24	02:41	a (89) Julia kisbolygó oppozícióban (8,5 magnitúdós, Vízöntő csillagkép)
08.25	05:57	az (57) Mnemosyne kisbolygó oppozícióban (11,4 magnitúdós, Pegazus csillagkép)
08.28	02:42	az Uránusz 4,3°-ra ÉNy-ra látható a 70,3%-os, csökkenő fázisú Holdtól a hajnali szürkületben a Kos csillagképben
08.29	02:02	a 15P/Finlay üstökös 8'-cel DNy-ra látható az NGC 2266 nyílthalmaztól (9,5 magnitúdós) az Ikrek csillagképben
08.30	02:04	a 4P/Faye üstökös 38'-cel nyugatra látható az NGC 1647 nyílthalmaztól (6,4 magnitúdós) a Bika csillagképben
08.30	02:22	a Hold földtávolban (404060 km, látszó átmérő: 29'34", 52,0%-os, csökkenő holdfázis)
08.30	04:30	a Hold minimális librációja (l = -0,03°, b = 0,04°, 51,2%-os, csökkenő holdfázis)
08.31	21:25	Az Aurigidák meteorraj maximuma (ZHR = 50-100)

Együttállások

Augusztus 5-én a Hold és az M35 ismételt randevújára kerül sor, ezúttal a hajnali égbolton (01:08 UT). A közelítés igen szorosnak ígérkezik: kísérőnk centrumától alig 28´-re lesz a halmaz centruma, azaz a holdperem szinte érinteni fogja a halmaz peremét, attól alig 1-2´-re látszik majd. A 12%-os holdsarló és a halmaz duója 10 fokkal lesz a horizont felett ekkor, a csillagászati szürkület kezdete előtti percekben, így még sötét égbolton észlelhetjük és fotózhatjuk ezt a nem mindennapi együttállást. Ráadásként a 11,2 magnitúdós (20) Kalliope kisbolygó 19´-cel délkeletre lesz az NGC 2129 centrumától, az égitestet a mellékelt ábra alapján felkereshetjük. A megfigyelést azonban néhány nappal később ismételjük meg, hogy detektálhassuk a kisbolygó elmozdulását!



A Hold az M35 peremén 2021. augusztus 5-én hajnalban. A térkép alapján azonosítható az NGC 2129 mellett járó, 11,2^m-s (20) Kalliope is (a térkép határfényessége kb. 11 magnitúdó)

A Helmholtz-kráter

A Helmholtz egy hatalmas méretű, nagyon öreg romkráter a holdkorong délkeleti szélén. Holdrajzi koordinátái: 68,1° déli szélesség, 64,1° keleti hosszúság. Átmérője 95 km, mélysége 4,5 km. Az űrszondás felvételeken a Helmoltzon érdekes dichotómiát fedezhetünk fel. Kráterünk északi pereme egészen ép, itt még a sánc teraszossága is jól látható, ugyanakkor a krátertalaj déli része törmelékkel borított, árnyalata is világosabb. Honnan származhat ez a törmelék? Nagy valószínűséggel a Déli pólus–Aitken-medencéből, de az is elképzelhető, hogy a néhány száz kilométerrel délkeletre fekvő 312 km-es Schrödingerből. Mit is láthat egy amatőr ebből a kráterből? A Helmholtzot akkor érdemes megfigyelni, amikor a megfelelő holdfázison kívül a libráció is a segítségünkre van. Mivel közel fekszik a déli pólushoz, ezért a növekvő fázisnál kevésbé érzékeny a terminátor helyzetére, mint

Ezt a rajzot Sánta Gábor készítette a Helmholtz-kráterről és környékéről 2007. szeptember 27-én, egy 130/650-es Newton-reflektorral észlelve.

az alacsonyabb szélességeken fekvő társai. Kis túlzással az első negyedig észlelhető. Ebben az évben úgy alakul, hogy a telő holdon a nyári időszakban (június és július közepén), a fogyó fázisnál pedig télen, január 29-én és február 27–28-án figyelhetjük meg a legjobban. Mint általában a peremvidéki objektumoknál, itt is az azonosítás a legnehezebb. Egy jó holdtérképpel viszont nem foghatunk mellé, mert a délnyugati szomszédja, a 131 km-es Boussingault, a maga érdekes, kettős szerkezetével biztos támpontot ad. Szerencsés librációnál, már egy kisebb távcsővel is jól látható a krátertalaj megosztottsága. Az északkeleti rész sima és részlettelen, ellenben a délnyugati rész, egészen a kráter közepéig, törmelékkel borított, kaotikus megjelenésű. Magasabb napállásnál az alacsony központi csúcsa szinte elvegyül a talajon található törmelékkel, mert annál nem sokkal magasabb. Patrick Moore 1954-ben különös, sugárszerű képződményeket vélt látni a kráterben, ami semmi másra sem hasonlított, amivel addig találkozott. Ahogy írta, még a Lunar Orbiter és az Apollo felvételeinek tanulmányozása sem segített ezek igazi természetének megállapításában.

Csillagfedések

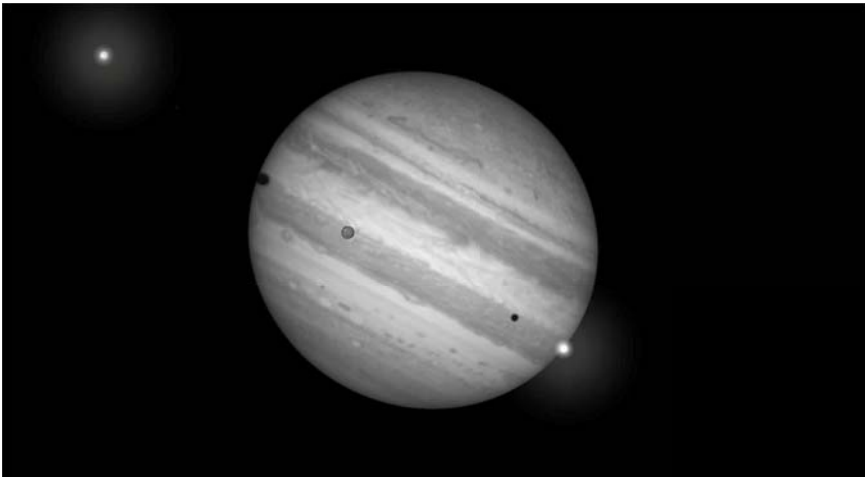
dátum		UT			J	csillag No		Hold	Nap	Hold	pozíció		korrekció	
hó	nap	h	m	s			m_v	fázis	h	h	CA	PA	a	b
08	2	23	30	9,5	R	646	6,1	27-		7	38N	312	+0,2	+0,5
08	3	1	57	49,1	r	76611	8,6	27-		31	74S	245	+0,3	+1,9
08	5	1	10	53,5	r	78040	8,6	12-		10	40S	223	-0,7	+2,0
08	5	2	5	27,5	r	78069	8,6	12-		19	87N	277	+0,1	+1,3
08	5	2	14	0,9	R	78081	7,8	12-	-11	20	59N	304	+0,5	+0,7
08	5	2	19	49,2	r	78091	8,8	12-	-10	21	46S	229	-0,3	+2,1
08	6	1	13	37,6	r	79014	7,9	6-		4	57N	314	+0,0	+0,4
08	6	2	22	45,6	R	79054	6,9	6-	-10	13	53S	244	-0,4	+1,7
08	6	11	53	39,3	r	1117	5,0	5-	56	50	69N	305	+0,8	-2,3
08	13	11	52	5,2	d	1941	4,7	27+	55	24	68N	88	+1,3	+1,4
08	20	19	23	26,1	d	3018	6,4	96+		14	79S	73	+1,4	+1,1
08	21	22	28	33,0	d	3178	6,2	99+		23	70S	54	+1,4	+0,6
08	24	0	55	0,1	R	3458	6,2	97-		32	84N	269	+1,9	-0,5
08	26	2	34	23,7	r	109653	7,2	86-		43	59N	283	+2,4	-1,3
08	27	1	57	56,7	r	110154	7,4	79-		50	38S	200	+0,7	+2,3
08	28	1	19	27,6	r	93004	7,5	71-		50	87S	250	+1,5	+1,4
08	28	3	8	44,7	R	384	5,6	70-	-9	55	59S	223	+1,3	+1,6
08	30	23	33	36,2	r	739	7,2	43-		21	37S	211	-0,5	+2,4
08	31	23	47	17,1	R	880	6,8	34-		17	71N	289	+0,2	+1,1
08	31	23	48	58,5	r	77571	7,6	34-		17	77N	282	+0,1	+1,2

Két Galilei-hold árnyéka a Jupiteren augusztus 29-én

Tíz nappal az oppozíció után két hold árnyékát láthatjuk egyszerre elvonulni az óriásbolygó felhőzetén. 22:43 és 23:16 UT között az Europa és a Ganymedes árnyéka látszik egyszerre. Mivel szembenállás után vagyunk, az árnyékok már időben követik a holdakat, ezért először kis korongjuk jelenik meg a bolygó előtt. Így az Europa 19:56-kor lép be a keleti peremen, az

árnyéka fél óra múlva követi 20:26-kor. A Ganymedes korongjára több mint egy órát kell várni, 21:41-kor lép a bolygó elé. Az árnyéka (mivel távolabbi hold az Europánál) sokkal később, egy óra múlva követi. Közben megfigyelhetjük, amint 21:44-kor a legbelső hold, az Io kilép a Jupiter óriási árnyékkúpjából, azaz kb. másfél perces fényesedést követően előbukkan a „semmiből" a bolygó keleti peremétől 5 ívmásodpercre. A Ganymedes-korong elé lépése és az Io fogyatkozásának vége között 3 perc telik el, ebben a 3 percben a Jupiter mellett csak egy holdat látunk: a Callisto 7,5 ívpercre lesz keletre. A legtávolabbi holdon kívül a másik három a bolygó előtt, illetve az árnyékában van éppen.

A kettős árnyékot fél órán át, 22:43 és 23:16 UT között figyelhetjük meg: az előbbi időpont a Ganymedes-árnyék megjelenése, az utóbbi az Europa árnyékvetésének vége. Közben 22:45-kor az Europa korongja is elhagyja a bolygót. A kitartóak láthatják, amint először a Ganymedes korongja 1:17-kor kilép a bolygó elől, az árnyéka 2:21 UT-kor követi.



22:46-kor már mindkét hold árnyéka a bolygó korongján van, miközben az Europa épp kilép a nyugati peremen

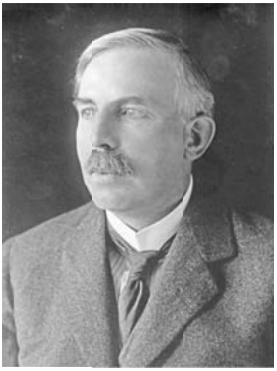
Jupiter-holdak kölcsönös jelenségei augusztusban

Dátum		kezdete			vége			típus	idő-tar-tam	centr táv(˝)	Δm	Jupiter	Jup alt.	Nap alt.	hold fázisa
hó	nap	h	m	s	h	m	s								
8	1	22	0	49	0	5	35	3O2	124,8	0,997	0,000	149,17	23	-23	0,415
8	8	20	13	42	21	18	44	3E2	65,0	0,635	0,205	84,22	14	-17	0,034
8	9	3	37	8	4	44	41	3E2	67,5	0,343	0,465	174,12	9	-0	0,050
8	30	19	2	52	19	15	28	3E2	12,6	0,766	0,120	205,20	16	-15	0,470

A táblázat oszlopainak magyarázata a márciusi előrejelzésnél található

Évfordulók

150 éve született Ernest Rutherford



Ernest Rutherford, Nobel-díjas fizikus 1871. augusztus 30-án született az új-zélandi Brightwaterben. Szülei brit kivándorlók voltak. Felsőfokú tanulmányait Christchurchben végezte, ott szerezte a BA- és BSc-fokozatokat. Ösztöndíjjal Cambridge-be utazott, ahol J. J. Thomson (1856–1940) tanítványa lett. 1898-ban elnyert egy professzori állást a montreali McGill Egyetemen, így Kanadába költözött. Nemsokáig maradt azonban ott, 1907-ben már visszatért Angliába, ezúttal a Manchesteri Egyetemen lett a fizika professzora. 1919-ben ismét Cambridge következett, Thomson után őt nevezték ki az egyetemen a fizika tanszék vezetőjének és a Cavendish-laboratórium igazgatójának. 1937. október 19-én bekövetkezett haláláig itt is maradt.

Rutherford alapvető eredményei közismertek. Még Kanadában a radioaktivitás tanulmányozása közben felfedezte az α- és β-sugarakat. Megalkotta az atom modelljét is. Úgy gondolta, hogy a magban koncentrálódnak a pozitív töltésű részecskék, és körülöttük, aránylag nagy távolságra keringenek a negatív töltésű elektronok. Ezt a modellt fejlesztette tovább Niels Bohr (1885–1962), ami lehetővé tette a színképekben fellépő vonalak magyarázatát, és így a csillagászatban is fontos szerepe volt. Rutherford volt az, aki az alkimisták álmát megvalósította: megfigyelte, hogy néhány könnyű elem magja α-részecskékkel (héliumatommagokkal) bombázva felhasad (Artificial Disintegration of the Elements, *Nature* 109, 584–586, 614–617, 1922). Ez a mesterséges elemátalakítás.

Eredményei között tarthatjuk számon, hogy számos világhírű fizikust nevelt Cambridge-ben. Közéjük tartozik John Cockcroft (1897–1967), James Chadwick (1891–1974) és Pjotr Kapica (1894–1984).

A kémiai Nobel-díj mellett (1908) Rutherford még sok elismerésben részesült, többek között nemesi címet kapott (1st Baron Rutherford of Nelson). Halála után intézeteket, épületeket, utcákat neveztek el róla. Egy mesterséges elem, a 104-es rendszámú raderfordium (Rf) is róla kapta a nevét.

Magyarul is olvasható néhány írása. Megjelent egy rövid kötete *Az új alkímia* (Budapest, 1945) címmel, és egy 1911-ben publikált cikkének is van fordítása: Az alfa- és béta-részecskék szóródása anyagban, és az atom szerkezete (*Magyar Fizikai Folyóirat* 4, 283–300, 1956).

200 éve született Ernest Mouchez

Ernest Amédée Barthélémy Mouchez 1821. augusztus 21-én született Madridban, francia szülők gyermekeként. Tanulmányait már Párizsban végezte. Az École Navale (Haditengerészeti Akadémia) hallgatójaként végzett, és utána rögtön szolgálatba állt. Térképészettel foglalkozott, száznál több térképet készített Ázsia, Dél-Amerika és Észak-Afrika partszakaszairól. 1874-ben ő vezette az egyik expedíciót a Vénusz-átvonulás megfigyelésére az Indiai-óceán Saint Paul szigetére. A ranglétrán előrehaladva 1878-ban már ellentengernaggyá léptették elő.

1878-ban került még közelebbi kapcsolatba a csillagászattal: ekkor kinevezték a Párizsi Obszervatórium igazgatójává. Átszervezte az intézetet, a csillagászok adminisztratív feladatait csökkentette. Egyik fő mozgatója volt a Carte du Ciel programnak, amely váratlanul hasznosnak bizonyult száz évvel később, a Hipparcos műhold kapcsán. A támogatásával készült el Maurice Löwy (Lőwy Mór) ekvatoriális coudé-rendszerű távcsöve, amivel a nevezetes Hold-térkép készült. Mouchez vezette be Párizsban a szinkronizált órák hálózatát. 1884-ben megalapította a *Bulletin astronomique* c. folyóiratot (F. Tisserand volt a szerkesztő).

Publikációi főleg a földrajzi helymeghatározással és a Carte du Ciel égtérképezéssel voltak kapcsolatosak. Megjegyzendő, hogy angol nyelvű folyóiratokba is franciául írt, az angol cím ellenére. Például a Nature-ben jelent meg egy levele Longitudes in Brazil (*Nature* 35, 100, 1886) címmel, francia nyelven. Hasonlóan, a Carte du Ciel támogatására szólította fel a Royal Astronomical Society-t, ismét csak franciául (Proposal for Photographing the Heavens, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society* 46, 1–2, 1885). A Párizsi Obszervatórium kiadványai is az ő neve alatt jelentek meg (*Annales del'Observatoire de Paris*), de ebben az időben ez volt a gyakorlat, az intézményi publikációkat az igazgató jegyezte. A munkát ténylegesen végző csillagász neve a kiadványon belül szerepelt (l. Miss Leavitt és Pickering esetét a decemberi évfordulóknál).

Mouchez 1892. június 25-én hunyt el a Párizs melletti Wissous-ban. Köztéri szobra Le Havre-ban található, Párizsban pedig utcát neveztek el róla.

200 éve született Hermann Helmholtz

Hermann Ludwig Ferdinand von Helmholtz Potsdamban született 1821. augusztus 31-én, és Charlottenburgban halt meg 1894. szeptember 8-án. Élete során több tudományterületen ért el kiemelkedő eredményeket.

Berlinben doktorált, értekezését az idegrostokról írta (*De fabrica systematis nervosi evertebratorum*, Berlin, 1842). További kutatásokat is folytatott a fiziológia és a kísérleti pszichológia területén. Jelentős eredménye a szemfenéktükör megalkotása, nevét ez tette ismertté a világon. Fontos alapmű lett a fiziológiai optikáról írt kézikönyve (*Handbuch der physiologischen Optik*, Lipcse, 1867) a 19. század végén.

Fizikai kutatásai is jelentősek voltak. Az energiamegmaradás elvét Robert Mayernél (1814–1878) jóval részletesebben és pontosabban fejtette ki *Über die Erhaltung der Kraft* (Berlin, 1847; magyarul Az erő megmaradásáról, *Mathematikai és Physikai Lapok* 6, 311–376, 1897) című írásában. A csillagászat számára kiemelkedő Helmholtz nézete, amely szerint a csillagok gravitációs összehúzódással nyerik energiájukat. A kontrakció időskálájára ma Kelvin–Helmholtz-időskálaként hivatkoznak. Említést érdemel még az Univerzum hőhalálának elmélete, amelyet Helmholtz is népszerűsített.

Egész munkássága során egyetemeken tanított és kutatott. Az ő tanítványa volt Albert Abraham Michelson (1852–1931), Wilhelm Wien (1864–1928), Heinrich Hertz (1857–1894), Eötvös Loránd (1848–1919) és számos más neves fizikus. Munkájának elismeréseként több kitüntetést kapott, és a Magyar Tudományos Akadémia is tiszteleti tagjának választotta 1872-ben. Írásai közül több megjelent magyarul is, például a *Népszerű tudományos előadások* (Budapest, 1874) című kötetben.

Róla nevezték el a (11573) Helmholtz kisbolygót és egy-egy krátert a Holdon és a Marson. Ő hagyta ránk az alábbi, ma is érvényes állítást: „A ki tudományt keresve, közvetlen gyakorlati hasznot hajhász, az csaknem biztos lehet, hogy hiába fárad.” (*Népszerű tudományos előadások*, p. 32).

Nyári csillagásztáborok

A nyári észlelőtáboroknak több évtizedes hagyományuk van Magyarországon – a kezdeteket valamikor az 1900-as évek elején kell keresünk, amikor Konkoly Thege Miklós nagytagyosi birtokán szervezett nyaranta meteorészlelő akciókat kollégái bevonásával. Az első igazán nagylétszámú hazai csillagásztábor több mint fél évszázaddal ezelőtt szerveződött, a Jósvafő melletti Karsztkutató Állomáson. Az 1969. július 20–26. között megtartott táborozáson összesen 55-en vettek részt Bartha Lajos és Maucha László szervezésében. A sötét, fényszennyezéstől mentes égbolt alatt a résztvevők természetesen a mainál sokkal szerényebb műszerezettséggel végezhettek megfigyeléseket, azonban a lelkesedésben, a jó hangulatban akkor sem volt hiány. A jósvafői Amatőrcsillagász Campinget neves előadók is meglátogatták, így a szakmai programra sem lehetett panasz.

A hetvenes évek közepétől váltak folyamatossá a nyári észlelőtáborok, különféle szervezőkkel az élen, de továbbra is töretlen lelkesedéssel jöttek össze az amatőrcsillagászok, nem egyszer valóban mostoha körülmények között táborozva. Akkoriban a meteorészlelő táborok voltak a legnépesebb ilyen események (1982-ben már 130 fő gyűlt össze a Perseidák meteorraj észlelésére). Amint fejlődött műszerezettségünk, fokozatosan háttérbe szorult a vizuális meteorészlelés vonzereje, ez a fajta közösségi tevékenység kisebb létszámú táborokban folytatódott. Úgy tűnik, az egyre komolyabb műszerezettséggel egyre nagyobb létszámú táborok járnak együtt. Az 1988-ban szervezett Meteor '88 észlelőtáborban 60 fő vett részt, míg a 2019-es nagytáborban közel 400-an. A kisrefraktorok és közepes Newton-távcsövek világa is megváltozott mára, immár a hazai táborokban se számítanak ritkaságnak a 40–50 cm-es, sőt nagyobb Dobson-távcsövek, a komoly teljesítményű apokromatikus refraktorok, nem is szólva a digitális fényképezés elterjedéséről.

Esti észleléshez készülődnek az MCSE 2018-as ifjúsági tábor résztvevői (Mizser Attila felvétele)

A táborokat kedvező holdfázis (újhold) környékére szokás szervezni annak érdekében, hogy a résztvevők ki tudják használni a lakott területektől távol szervezett rendezvények sötét, holdfénytől mentes égboltját. A szervezés szempontjából az a kedvező, ha július és augusztus közepére esik az újhold, mert így két újholdas időszak között lehet választani. A nyár legelejére nem szívesen szerveznek táborokat a rövid éjszakák miatt, augusztus legvégére pedig az iskolakezdés közelsége okán nem nagyon szokás táborokat meghirdetni. (Úgy tűnik, a nyár nemcsak a Balatonnál ér véget augusztus 20-ával…) Idén július 10-ére, illetve augusztus 8-ára esik az újhold, tehát a két legmelegebb nyári hónap első felére célszerű táborokat szervezni. A Perseida-maximum észlelését a kora esti égen tartózkodó és korán lenyugvó Hold alig zavarja, az éjszaka nagy részében zavartalanul figyelhető meg az év legnépszerűbb meteorraja.

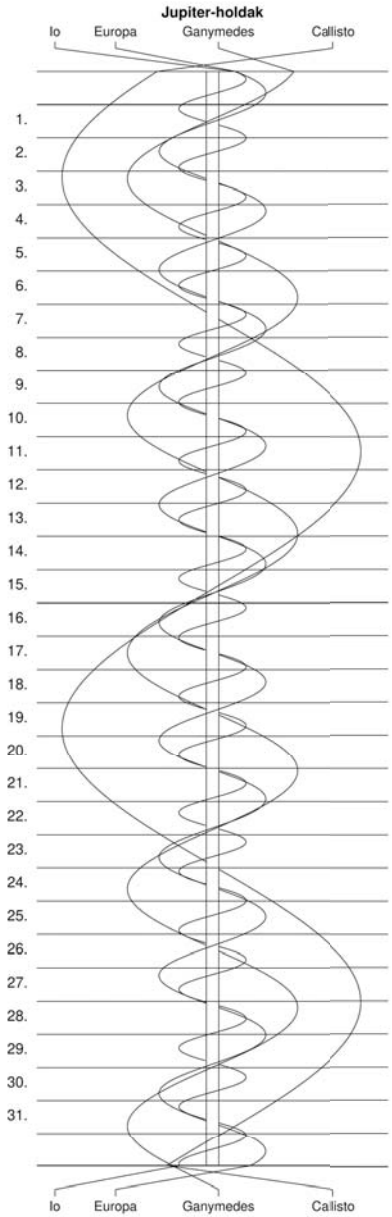
Ma már nyaranta különböző észlelőtáborok sokaságából válogathat az amatőrcsillagász – a nyári újholdas időszakokban párhuzamosan több tábor is zajlik az országban és határon túl is, amelyekről az MCSE honlapján is tájékozódhatnak az érdeklődők (www.mcse.hu).

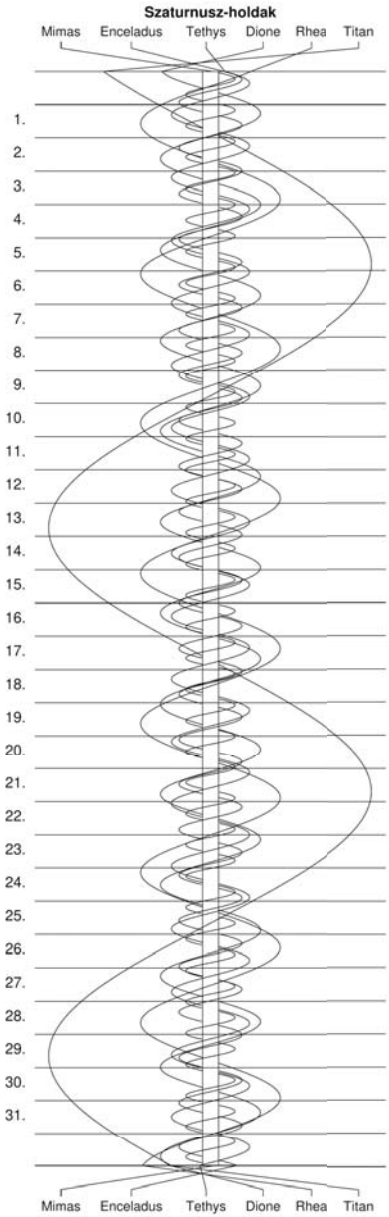
Jupiter-holdak

nap	UT h:m	hold	jelenség
4	20:40.9	Ganymedes	fk
	23:24.9	Europa	ák
5	0:10.8	Europa	ek
	0:47.2	Io	fk
	1:49.7	Ganymedes	mv
	2:15.4	Europa	áv
	22:00.1	Io	ák
	22:21.9	Io	ek
6	0:18.7	Io	áv
	0:40.1	Io	ev
	19:15.8	Io	fk
	21:32.1	Europa	mv
	21:53.4	Io	mv
7	2:17.2	Callisto	fk
	18:47.5	Io	áv
	19:06.2	Io	ev
12	0:41.3	Ganymedes	fk
	1:59.4	Europa	ák
	2:24.2	Europa	ek
	2:41.4	Io	fk
12	23:54.8	Io	ák
13	0:05.9	Io	ek
	2:13.6	Io	áv
	2:24.2	Io	ev
	20:35.5	Europa	fk
	21:09.9	Io	fk
	23:36.8	Io	mv
	23:47.7	Europa	mv
14	18:31.9	Io	ek
	20:42.3	Io	áv
	20:50.2	Io	ev
15	18:44.8	Ganymedes	ev
20	1:49.8	Io	ák
	1:49.8	Io	ek
	23:02.9	Io	mk
	23:10.8	Europa	mk
21	1:22.0	Io	fv
	2:07.1	Europa	fv
	20:15.8	Io	ek

nap	UT h:m	hold	jelenség
21	20:18.6	Io	ák
	22:34.1	Io	ev
	22:37.3	Io	áv
22	18:25.3	Ganymedes	ek
	18:41.9	Ganymedes	ák
	19:50.6	Io	fv
	20:32.4	Europa	ev
	20:41.7	Europa	áv
	22:00.4	Ganymedes	ev
	22:20.0	Ganymedes	áv
23	19:38.7	Callisto	mk
24	1:06.3	Callisto	fv
28	0:46.4	Io	mk
	1:26.1	Europa	mk
	22:00.0	Io	ek
	22:13.7	Io	ák
29	0:18.3	Io	ev
	0:32.4	Io	áv
	19:12.4	Io	mk
	19:56.8	Europa	ek
29	20:26.4	Europa	ák
	21:41.7	Ganymedes	ek
	21:45.0	Io	fv
	22:43.2	Ganymedes	ák
	22:45.8	Europa	ev
	23:16.5	Europa	áv
30	1:17.0	Ganymedes	ev
	2:21.0	Ganymedes	áv
	18:44.3	Io	ev
	19:01.1	Io	áv
31	18:04.2	Europa	fv

f = fogyatkozás: a hold a Jupiter árnyékában
á = átvonulás: a hold árnyéka a Jupiteren
e = előtte: a hold a Jupiter korongja előtt
m = mögötte: a hold a Jupiter korongja mögött
k = a jelenség kezdete
v = a jelenség vége


Jupiter-holdak
Io
Europa
Ganymedes
Callisto
1.
2.
3.
4.
5.
6.
7.
8.
9.
10.
11.
12.
13.
14.
15.
16.
17.
18.
19.
20.
21.
22.
23.
24.
25.
26.
27.
28.
29.
30.
31.
Io
Europa
Ganymedes
Callisto


Szaturnusz-holdak
Mimas
Enceladus
Tethys
Dione
Rhea
Titan
1.
2.
3.
4.
5.
6.
7.
8.
9.
10.
11.
12.
13.
14.
15.
16.
17.
18.
19.
20.
21.
22.
23.
24.
25.
26.
27.
28.
29.
30.
31.
Mimas
Enceladus
Tethys
Dione
Rhea
Titan

λ = 19°, φ = 47,5°

Kalendárium – szeptember

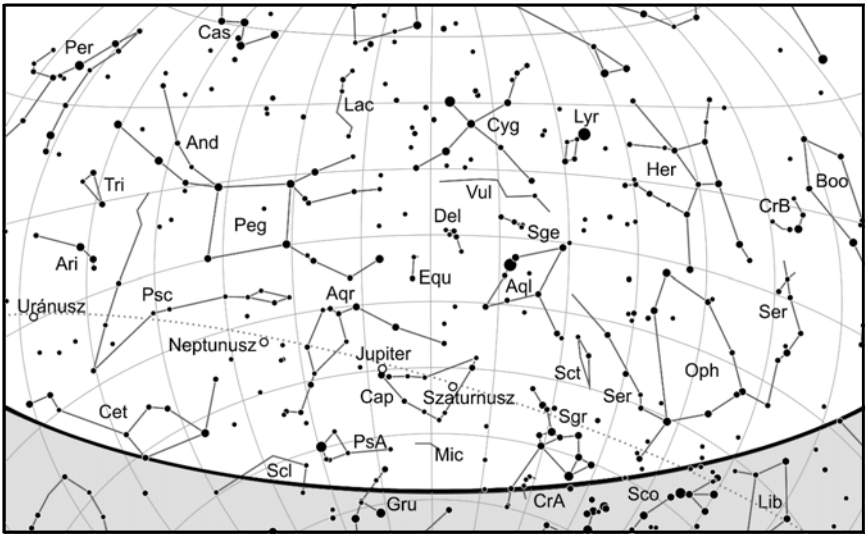
KÖZEI

dátum			Nap kel, h m	Nap delel, h m	Nap nyugszik, h m	h_d °	E_t m	Hold kel, h m	Hold delel, h m	Hold nyugszik, h m	fázis	fázis h m
1.	sz	244.	5 02	11 44	18 24	50,6	-0,1	23 29	7 02	15 26		
2.	cs	245.	5 03	11 43	18 22	50,3	0,2	–	7 54	16 18		
3.	p	246.	5 05	11 43	18 20	49,9	0,5	0 25	8 47	17 01		
4.	sz	247.	5 06	11 43	18 18	49,5	0,9	1 30	9 39	17 36		
5.	v	248.	5 07	11 42	18 16	49,2	1,2	2 42	10 31	18 05		
		36. hét										
6.	h	249.	5 09	11 42	18 14	48,8	1,5	3 57	11 21	18 29		
7.	k	250.	5 10	11 42	18 12	48,4	1,9	5 13	12 10	18 51	●	1 52
8.	sz	251.	5 11	11 41	18 10	48,0	2,2	6 30	12 58	19 11		
9.	cs	252.	5 13	11 41	18 08	47,7	2,6	7 48	13 47	19 32		
10.	p	253.	5 14	11 41	18 06	47,3	2,9	9 07	14 37	19 54		
11.	sz	254.	5 15	11 40	18 04	46,9	3,3	10 28	15 29	20 20		
12.	v	255.	5 17	11 40	18 02	46,5	3,6	11 49	16 24	20 52		
		37. hét										
13.	h	256.	5 18	11 39	18 00	46,1	4,0	13 08	17 23	21 32	◐	21 41
14.	k	257.	5 19	11 39	17 58	45,8	4,3	14 21	18 23	22 24		
15.	sz	258.	5 21	11 39	17 56	45,4	4,7	15 22	19 24	23 27		
16.	cs	259.	5 22	11 38	17 54	45,0	5,0	16 11	20 22	–		
17.	p	260.	5 23	11 38	17 52	44,6	5,4	16 48	21 18	0 39		
18.	sz	261.	5 25	11 38	17 50	44,2	5,7	17 17	22 09	1 55		
19.	v	262.	5 26	11 37	17 48	43,8	6,1	17 41	22 57	3 10		
		38. hét										
20.	h	263.	5 27	11 37	17 46	43,4	6,5	18 01	23 42	4 24		
21.	k	264.	5 29	11 37	17 44	43,0	6,8	18 19	–	5 35	○	0 54
22.	sz	265.	5 30	11 36	17 42	42,7	7,2	18 36	0 25	6 44		
23.	cs	266.	5 32	11 36	17 40	42,3	7,5	18 54	1 08	7 52		
24.	p	267.	5 33	11 36	17 38	41,9	7,9	19 14	1 50	9 00		
25.	sz	268.	5 34	11 35	17 36	41,5	8,2	19 36	2 33	10 07		
26.	v	269.	5 36	11 35	17 33	41,1	8,6	20 03	3 18	11 13		
		39. hét										
27.	h	270.	5 37	11 35	17 31	40,7	8,9	20 37	4 05	12 17		
28.	k	271.	5 38	11 34	17 29	40,3	9,2	21 19	4 54	13 17		
29.	sz	272.	5 40	11 34	17 27	39,9	9,6	22 11	5 45	14 11	◑	2 58
30.	cs	273.	5 41	11 34	17 25	39,5	9,9	23 11	6 36	14 57		

Szeptember

nap	Julián dátum 12^h UT	θ_{gr} 0^h UT h m s	névnapok
1.	2 459 459	22 41 31	Egyed, Egon, Ignác, Izabella, Noémi, Tamara
2.	2 459 460	22 45 28	Rebeka, Dorina, Ella, Ingrid, István, Margit, Teodóra
3.	2 459 461	22 49 24	Hilda, Gergely, Gergő
4.	2 459 462	22 53 21	Rozália, Ida, Róza, Rózsa
5.	2 459 463	22 57 18	Viktor, Lőrinc, Albert
36. hét			
6.	2 459 464	23 01 14	Zakariás, Bea, Beáta, Csanád, Ida
7.	2 459 465	23 05 11	Regina, Dusán, István, Menyhért
8.	2 459 466	23 09 07	Mária, Adrienn, Adorján, Adrián, Adriána, Irma
9.	2 459 467	23 13 04	Ádám, Péter
10.	2 459 468	23 17 00	Nikolett, Hunor, Erik, Miklós, Nikola, Noémi, Zalán
11.	2 459 469	23 20 57	Teodóra, Emil, Helga, Jácint, Milán
12.	2 459 470	23 24 53	Mária, Ibolya, Irma
37. hét			
13.	2 459 471	23 28 50	Kornél, János, Lujza
14.	2 459 472	23 32 47	Szeréna, Roxána
15.	2 459 473	23 36 43	Enikő, Melitta, Katalin, Loránd, Lóránt, Mária, Roland
16.	2 459 474	23 40 40	Edit, Ditta, Kornél, Kornélia, Lúcia, Soma
17.	2 459 475	23 44 36	Zsófia, Ildikó, Róbert
18.	2 459 476	23 48 33	Diána, József, Richárd
19.	2 459 477	23 52 29	Vilhelmina, Emília, Mária, Szabolcs, Tivadar, Vilma
38. hét			
20.	2 459 478	23 56 26	Friderika, Frida, Zsuzsa, Zsuzsanna
21.	2 459 479	0 00 22	Máté, Ildikó, Míra, Mirella
22.	2 459 480	0 04 19	Móric, Írisz, Ottó, Tamás
23.	2 459 481	0 08 16	Tekla, Ildikó, Ilona
24.	2 459 482	0 12 12	Gellért, Mercédesz, Gerda, Mária
25.	2 459 483	0 16 09	Eufrozina, Kende, Miklós, Nikolett, Nikoletta
26.	2 459 484	0 20 05	Jusztina, Dániel
39. hét			
27.	2 459 485	0 24 02	Adalbert, Albert, Károly, Vince
28.	2 459 486	0 27 58	Vencel, Bernát, Jusztina
29.	2 459 487	0 31 55	Mihály, Gábor, Gabriella, Rafael
30.	2 459 488	0 35 51	Jeromos, Felícia, Hunor, Örs, Viktor, Zsófia

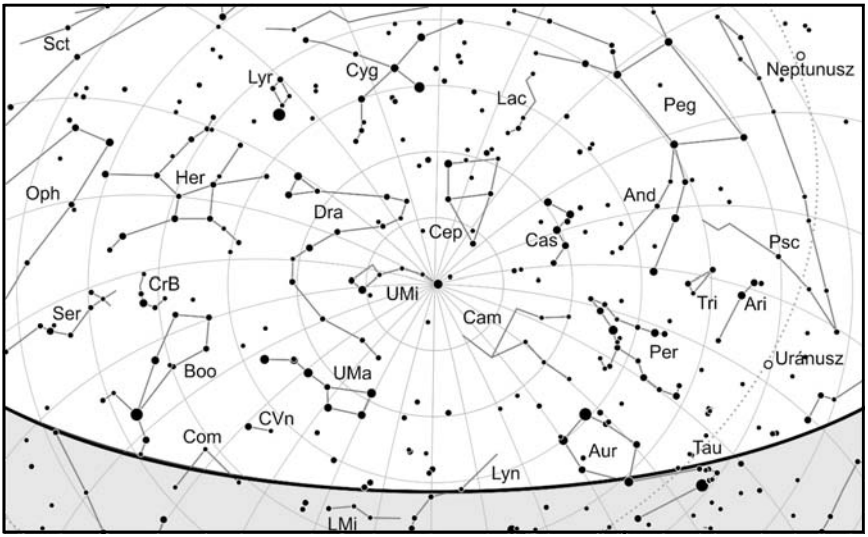
A bizánci naptár 7530. évének kezdete: szeptember 14.
A zsidó naptár 5782. évének kezdete (napnyugtakor): szeptember 6.



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

Bolygók

Merkúr: A hónap első felében megfigyelésre igen kedvezőtlen helyzetben van. 14-én van legnagyobb keleti kitérésben, 26,8°-ra a Naptól, ekkor bő fél órával nyugszik a Nap után. Az ekliptika továbbra is kis szöget zár be a látóhatárral, és a bolygó is délre tartózkodik tőle, láthatósága tovább romlik, a hónap második felében eltűnik az alkonyati fényben.
Vénusz: Az esti nyugati ég ragyogó fehér fényű égiteste. Az ekliptika továbbra is kis szöget zár be a horizonttal, így a bolygó láthatósága változatlan, 80 perccel nyugszik a Nap után. A bolygó fényessége -4,0^m-ról -4,2^m-ra, átmérője 15,1″-ről 18,6″-re nő, fázisa 0,73-ról 0,63-ra csökken.
Mars: Előretartó mozgást végez az Oroszlán, majd 5-étől a Szűz csillagképben. A Nap közelsége miatt nem figyelhető meg. Fényessége 1,7^m-ról 1,6^m-ra nő, látszó átmérője végig 3,6″.
Jupiter: Hátráló mozgást végez a Bak csillagképben. Az éjszaka első felében fényesen ragyog a délnyugati égen, hajnalban nyugszik. Fényessége -2,8^m, átmérője 48″.
Szaturnusz: Hátráló mozgást végez a Bak csillagképben. Hajnalban nyugszik, az éjszaka első felében kereshető a délnyugati ég alján. Fényessége 0,4^m, átmérője 18″.
Uránusz: A késő esti órákban kel, az éjszaka nagyobb részében látható. Folytatja hátráló mozgását a Kos csillagképben.
Neptunusz: Egész éjszaka megfigyelhető, 14-én van szembenállásban a Nappal. Hátráló mozgást végez a Vízöntő csillagképben.



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

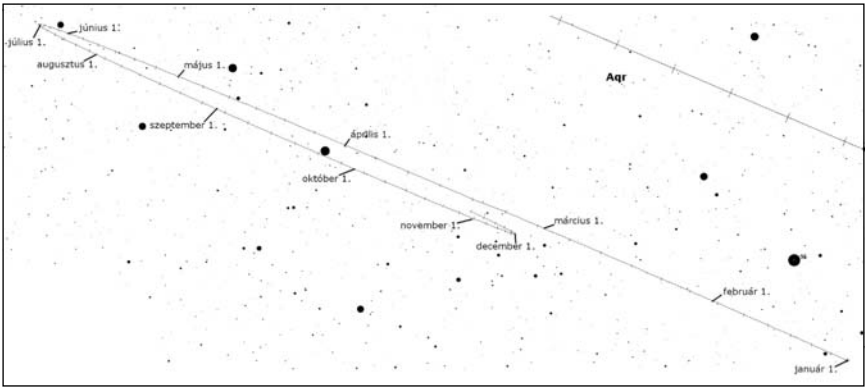
Eseménynaptár (UT)

Dátum	Idő	Esemény
09.01	23:44	a Hold súrolva fedi a SAO 78653-at az északi pereme mentén (7,4 magnitúdós, 25%-os, csökkenő holdfázis) az Ikrek csillagképben
09.04	02:26	a 9,7%-os, csökkenő fázisú Holdtól 2,9° távolságra délre látható a Jászol nyílthalmaz (M44, 3,1 magnitúdós) a Rák csillagképben
09.05	19:04	a Hold maximális librációja (l = -5,17°, b = -6,50°, 2,1%-os, csökkenő holdfázis)
09.06	03:34	21 óra 18 perces holdsarló 4,9° magasan a reggeli égen
09.07	19:06	a 6P/d'Arrest üstökös 58'-cel keletre látható az NGC 6356 gömbhalmaztól (7,4 magnitúdós) a Kígyótartó csillagképben
09.07	22:54	a 4P/Faye üstökös 13'-cel DNy-ra látható a 104 Tau-tól (4,9 magnitúdós)
09.08	22:03	a C/2017 K2 (PanSTARRS) üstökös 45'-cel DNy-ra látható az ε Her-től (3,9 magnitúdós)
09.11	09:55	a Hold földközelben (368 492 km, látszó átmérő: 32'25", 23,4%-os, növekvő holdfázis)
09.11	11:48	a (2) Pallas kisbolygó oppozícióban (8,3 magnitúdós, Halak csillagkép)
09.12	10:26	a Hold minimális librációja (l = 0,73°, b = -0,44°, 34,0%-os, növekvő holdfázis)
09.14	00:06	a (20) Massalia kisbolygó (11,1 magnitúdós) 6'-cel DK-re látható a 63 Gem-től (5,2 magnitúdós)
09.14	04:25	a Merkúr legnagyobb keleti elongációja (26,8°, 0,2 magnitúdós, 6,9" átmérő, 57% fázis, Szűz csillagkép)
09.14	08:40	a (64) Angelina kisbolygó oppozícióban (11,1 magnitúdós, Halak csillagkép)

Dátum	Idő	Esemény
09.14	09:21	a Neptunusz oppozícióban a Vízöntő csillagképben (7,8 magnitúdós, 2,4" átmérő)
09.14	18:49	a 6P/d'Arrest üstökös 43'-cel délre látható az NGC 6440 gömbhalmaztól (10,1 magnitúdós) a Nyilas csillagképben
09.14	19:41	a Hold súrolva fedi a ZC 2650-et a déli pereme mentén (4,7 magnitúdós, 60%-os, növekvő holdfázis) a Nyilas csillagképben
09.15	00:38	a (20) Massalia kisbolygó (11,1 magnitúdós) 25'-cel északra látható az Eszkimó-ködtöl (NGC 2392, 9,7 magnitúdós) az Ikrek csillagképben
09.15	23:11	a (44) Nysa kisbolygó (11,2 magnitúdós) 5'-cel délre látható a 104 Tau-tól (4,9 magnitúdós)
09.16	18:45	a 6P/d'Arrest üstökös 26'-cel ÉK-re látható az NGC 6469 nyílthalmaztól (8,2 magnitúdós) a Nyilas csillagképben
09.17	21:27	az (1) Ceres törpebolygó (8,5 magnitúdós) 3'-cel délre látható a σ^1 Tau-tól (5,1 magnitúdós)
09.18	03:06	a Merkúr dichotómiája (26,4°-os keleti elongáció, 7,5" látszó átmérő)
09.18	18:40	a 6P/d'Arrest üstökös 25'-cel nyugatra látható a Trifid-ködtől (M20, 8,5 magnitúdós) a Nyilas csillagképben
09.19	10:44	a Hold maximális librációja (l = 5,20°, b = 6,57°, 97,2%-os, növekvő holdfázis)
09.19	18:37	a 6P/d'Arrest üstökös 67'-cel északra látható a Lagúna-ködtől (M8, 5,8 magnitúdós) a Nyilas csillagképben
09.19	21:56	az (1) Ceres (8,5 magnitúdós) és a (85) Io (12,3 magnitúdós) kisbolygó 8'-es közelsége az Ikrek csillagképben
09.21	18:33	a 6P/d'Arrest üstökös 13'-cel keletre látható az NGC 6559 galaktikus ködtől a Nyilas csillagképben
09.22	18:31	az (57) Mnemosyne (11,8 magnitúdós) és a (89) Julia (9,7 magnitúdós) kisbolygó 20'-es közelsége a Vízöntő csillagképben
09.22	19:21	őszi nap-éj egyenlőség
09.22	21:08	a 67P/Churyumov-Gerasimenko üstökös 32'-cel DK-re látható Hind változó ködétől (NGC 1555) a Bika csillagképben
09.23	21:10	a 67P/Churyumov-Gerasimenko üstökös 25'-cel északra látható az ε Tau-tól (3,5 magnitúdós)
09.24	18:26	a 6P/d'Arrest üstökös 51'-cel nyugatra látható az M28 nyílthalmaztól (NGC 6626, 6,9 magnitúdós) a Nyilas csillagképben
09.24	19:22	az Uránusz 2,5°-ra ÉNy-ra látható a 86,3%-os, csökkenő fázisú Holdtól a Kos csillagképben
09.26	09:06	a Hold minimális librációja (l = 0,06°, b = -0,06°, 76,0%-os, csökkenő holdfázis)
09.26	21:40	a Hold földtávolban (404 604 km, látszó átmérő: 29'31", 70,2%-os, csökkenő holdfázis)
09.27	01:48	a 68,6%-os, csökkenő fázisú holdkorong peremétől 5' 14"-re északra látható a τ Tauri (4,3 magnitúdós)
09.27	04:46	a (121) Hermione kisbolygó oppozícióban (11,3 magnitúdós, Cet csillagkép)
09.30	02:46	a 40,2%-os, csökkenő fázisú holdkorong peremétől 4' 28"-re délre látható az 57 Geminorum (5,0 magnitúdós)
09.30	18:11	a (6) Hebe kisbolygó (9,6 magnitúdós) 13'-cel ÉK-re látható az 50 Sgr-tól (5,6 magnitúdós)

Együttállás

Szeptember 4-én hajnalban, a csillagászati szürkületben (02:26 UT) a Hold és az M44 látványos együttállására kerül sor, amikor a két égitest centruma 2,9 fokos távolságban lesz egymástól. A halmaz 13,5, 9,4%-os fázisú kísérőnk pedig 16 fokos magasságban lesz észlelhető.



A Neptunusz keresőtérképe (oppozíció: szeptember 14.)

Galilei-holdak fogyatkozásai szeptember 7-én és 9-én

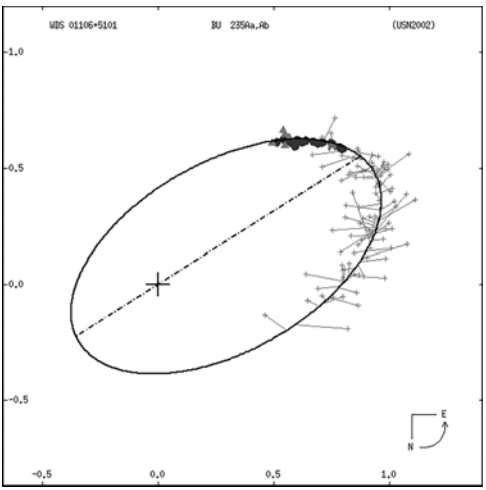
Ezen a két szeptemberi estén mind a négy Galilei-hold fogyatkozását megfigyelhetjük, amint kilépnek a Jupiter árnyékából. A jelenség érdekessége, hogy eltérő pályájuk miatt a Földről egyre távolabb látszanak kilépéskor a Jupiter korongjától. Mivel az oppozíció után vagyunk 3 héttel, a kilépésekre a Jupiter keleti peremén kerül sor. Az árnyékból való előbukkanás az Io esetében a korongtól 9″-re, az Európánál 15″-re, a Ganymedesnél 27″-re, a Callistónál 48″-re történik. Az időtartamok sem egyformák: míg az Io másfél perc alatt kifényesedik, az Európánál 4 perces, a Ganymedesnél 8 perces, a Callistónál pedig legalább 10 perces fényesedést várhatunk. Videós kiméréssel szép fénygörbét is készíthetünk a jelenségről, illetve ha nyugodt a légkör, nagy távcsövekkel és nagy nagyításokkal akár a holdak fázisát is láthatjuk. Bár a Jupiter árnyékának széle a távolabbi holdak esetén egyre diffúzabb, kis szerencsével még ezt is érzékelhetjük a megfigyeléseknél. Mivel az előrejelzések a holdak közepére (azaz az 50%-os fázisra) vonatkoznak, ezért a megfigyelést az előrejelzett időpont előtt néhány perccel kezdjük meg.

Az események sorában először szeptember 7-én este az Io kilépését láthatjuk 18:07–18:09 UT között, majd már jóval később az Europa kilépése jön 20:40–20:44 között. Két nappal később, 9-én este 19:10–19:20 UT között a Callisto lép ki az árnyékból, majd egy órával később a Ganymedes követi 20:18-20:26 között.

Csillagfedések

dátum		UT			J	csillag No		Hold	Nap	Hold	pozíció		korrekció	
hó	nap	h	m	s			m_v	fázis	h	h	CA	PA	a	b
09	1	0	16	27,7	R	882	5,0	34-		22	68S	247	-0,1	+1,8
09	1	2	29	3,5	R	893	7,5	33-		44	49N	312	+1,9	-0,4
09	1	23	36	3,9	r	78629	7,6	25-		8	68N	297	-0,1	+0,8
09	1	23	59	27,5	D	1030	3,1	25-		11	–71S	115	+0,0	+0,9
09	2	0	47	41,2	R	1030	3,1	25-		19	45S	231	-0,4	+2,1
09	2	3	49	21,7	r	78778	6,8	24-	-3	49	88S	275	+1,2	+1,1
09	3	0	33	8,2	R	1155	6,4	17-		8	14S	207	–1,2	+3,0
09	3	2	47	11,2	D	1170	3,6	16-		29	–47S	146	+1,2	-0,7
09	3	3	24	27,8	R	1170	3,6	16-	-7	35	21S	214	-0,2	+3,9
09	11	17	55	0,2	D	2182	6,2	26+	-9	11	90S	105	+1,0	-1,5
09	13	17	19	53,3	d	2469	6,5	48+	-4	16	80S	105	+1,6	-0,6
09	14	19	27	29,9	D	2650	4,7	60+		11	18S	159	+2,6	-3,1
09	17	22	17	31,4	D	3130	5,4	89+		17	41N	16	+0,2	+1,0
09	20	1	46	15,3	d	3413	6,1	99+		14	78S	55	+0,5	-0,3
09	24	23	19	34,8	r	445	7,3	85-		48	87S	253	+1,3	+1,6
09	24	23	29	11,7	r	93238	7,8	85-		49	66S	231	+1,0	+2,0
09	27	3	14	36,3	R	76729	6,9	68-		66	50N	302	+2,5	-2,2
09	28	1	52	39,9	R	835	7,0	59-		57	67S	244	+1,2	+1,9
09	28	22	30	2,6	r	966	7,1	51-		18	26S	208	-0,8	+2,7
09	28	22	34	50,6	r	78250	7,6	51-		19	42N	320	+0,9	+0,0

Burnham-kettősök: ősz



A Cassiopeia csillagsokaságában bújik meg egy több tagú fizikai rendszer. A BU 235 megfigyelése során láthatunk igazán szoros, standard és nagyon tág csillagpárokat is. A főcsillag önmagában is szoros kettős, az AaAb sikeres észleléséhez ajánlott a legalább 15 cm-es távcső és a remek égbolt. A B és C csillagok könnyen megfigyelhetőek, utóbbi Struve nevével fémjelzett. A BD tagok standard, könnyen bontható, egyenlőtlen fényességű párt alkotnak, miként a szintén Struve nevét viselő CE páros is.

BU 235 pályája (stelledoppie.it)

Az M31 és kísérői

Tiszta őszi és téli éjszakákon magasan látható az Andromeda csillagkép az északi félteke egén. A figyelmes szemlélő az alakzat középső, fényesebb csillagától (a Mirachtól) északra egy halvány, elnyúlt, ködös fényfoltot pillanthat meg szabad szemmel. Ez az M31, ismertebb nevén az Andromeda-galaxis, amely a hozzánk legközelebbi nagy spirálgalaxis, Tejútrendszerünk méltó társa.

Abd al-Rahman al-Sufi perzsa csillagász 964-ben jegyezte fel „Állócsillagok és csillagképek könyve" c. munkájában mint egy szabad szemmel látható „kis felhőt". Al-Sufi munkáját Európában a 11. századtól kezdve számos alkalommal latinul is kiadták, ezek a későbbi kiadások még egyértelműbben – bár egyre pontatlanabb pozícióban – mutatják a ködöt.

Felfedezését Messier – nem tudva al-Sufi leírásáról – Simon Marius német csillagásznak tulajdonította, aki az égitest első távcsöves és egyben első újkori megfigyelője volt 1612-ben. Messier leírása nagyon szemléletes: két, egymás felé forduló piramis formájú fénylésről ír, amelyek az alapjuknál érintkeznek. Ez a leírás tökéletesen ráillik a kis távcsövekben látottakra. 1807-ben közölt rajzán feltünteti az M32-t, amelyet 1749-ben Le Gentil fedezett fel, és az M110-et, amely Messier saját, 1775-ös felfedezése (de csak az utókor illesztette katalógusa végére).

Lord Rosse, az 1,5 méteres parsonstowni „Leviathannal" végzett észlelései során az általa felismert spirálködök csoportjába sorolta be ezt a galaxist. A ködfolt valós fizikai természete nagyon sokáig rejtély maradt, egyesek a Naprendszerhez közeli, formálódó másik bolygórendszernek vélték, amelynek sűrű középpontja egy születőben lévő csillag, a körülötte látható anyagkorongból pedig bolygók fognak létrejönni. Mások eltérő véleményen voltak, így a legnagyobb vizuális észlelő, William Herschel is, aki a Tejútrendszerhez hasonló, önálló „sziget-univerzumnak" (Thomas Wright és Immanuel Kant nyomán) vélte az M31-et, távolságát pedig a Szíriusz távolságának 2000-szeresére becsülte. A kérdést csak a 20. század elején sikerült megnyugtatóan eldönteni.

1923-ban Edwin Hubble több cefeida típusú változócsillagot fedezett fel az M31-ben, és a cefeidákra vonatkozó periódus–fényesség összefüggés alapján ki lehetett számolni az objektum távolságát. Az amerikai csillagász 900 ezer fényéves távolságot kapott, így az M31 sokkal nagyobb távolságba került, mint a Tejútrendszer átmérője, nem lehetett tehát annak a része. Bár távolságát ma már 2,5 millió fényévre becsüljük, a „sziget-univerzum" elképzelés az 1920-as évek közepén végképp győzedelmeskedett.

A modern asztrofizikai mérések alapján a hozzánk legközelebbi nagy spirálgalaxis mérete csak kissé nagyobb Tejútrendszerünkénél. A halvány, alig látható külső régiókat figyelembe véve átmérője kb. 200 ezer fényév, amelyben 1500 milliárd naptömegnyi anyag összpontosul (a sötét anyaggal együtt). Saját Galaxisunk esetében a friss mérések során mintegy 160-180 ezer fényéves átmérőt, és 700-850 milliárd naptömegnyi össztömeget állapítottak meg. A két hatalmas galaxis a Lokális Csoportnak nevezett kisebb galaxishalmaz uralkodó csillagvárosa.

Az M31 felkeresése igazán egyszerű a kezdő amatőrcsillagász számára. Szabad szemmel azonosítsuk a Mirachot (β Andromedae), majd haladjunk északnyugat felé 6-7°-ot, a μ és ν And érintésével. Jó égbolton az utóbbi mellett 1,2°-kal nyugatra megpillantjuk a galaxis halványan derengő ovális centrumát. Mivel a galaxis összfényessége 3,5 magnitúdó körüli, a pontos hely ismeretében, városszéli égen, elfordított látással szabad szemmel is észrevehető.

Az M31 rendkívül közismert, népszerű objektum, amely szinte minden csillagászati könyvben szerepel, így a laikusok is jól ismerik. A fényképeken lenyűgöző szépséggel tárul fel a közel éléről látszó spirális rendszer csillagainak, porfelhőinek kavargása, amelyet a két közeli kísérőgalaxis, az M32 és M110 keretez. Ismertsége néha csalódást okozhat annak a kezdő megfigyelőnek, aki fényszennyezett égen, esetleg kisebb méretű távcsővel, vagy nem a megfelelő nagyítással keresi fel. Az M31 ugyanis, bármennyire közeli és „fotogén" objektum, vizuálisan nagy kihívás elé állítja a megfigyelőt. A fotókon feltűnő spirálkarok vizuálisan elég alacsony kontrasztúak, sőt fényszennyezett égbolton ezek a régiók teljesen láthatatlanok, csak az ovális magvidék észlelhető. Ennek homogén, sárgás, részlettelen fénylése kiábrándítja a kezdő próbálkozót, aki ráadásul sokszor a lehető legerősebb nagyítást alkalmazza – helytelenül. Az M31 eredményes és látványos észlelésének kulcsa a kis nagyítás, hatalmas látómező és igen sötét égbolt.

Városi égbolton sajnos nincs módunk a magvidéknél többet látni ebből a híres galaxisból, legfeljebb fotografikus úton, szűrők segítségével csalogathatunk elő több részletet.

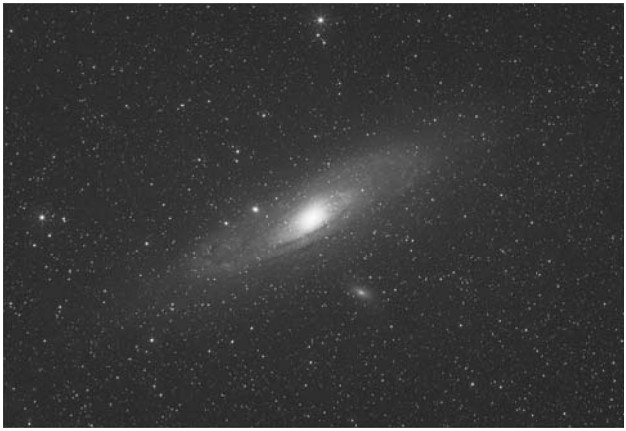
Városszéli, kisvárosi megfigyelőhelyünkről binokulárral a nagy galaxist kb. 2° hosszú és kb. 0,5° széles ovális foltként azonosíthatjuk. Távcsővel szemlélve ekkor már láthatóak a spirálkar-régiók elnyúlt tartományai is, esetleg a porsávokat is megpillantjuk a mag és az M110 között, de a foltokat általában nem láthatjuk.

Rendkívül sötét égbolton láthatóvá válnak a legkülső régiók, a rendszer hosszát 3,5-4°-ra, szélességét 45 ívpercre növelve. 1952–1953-ban Robert Jonckheere alapos becslése 5,2°×1,1° kiterjedést eredményezett (5 cm-es binokulár használatával). 15-20 cm-es távcsővel szemlélve a magvidéken kívül, az M110 felé eső tartományban egyértelműen és élesen látható két porsáv, amelyek a galaxis felületén ívelt sávként követhetőek nyomon. A külső régiókban, ahol a galaxis karjai befordulnak, fényesebb, ívelt foltok azonosíthatóak, így kirajzolódik a galaxis spirális szerkezete. Mivel a külső régiókban a kontraszt rendkívül alacsony (nem pedig éles, mint a fotókon), ezeknek az inhomogenitásoknak és egymáshoz való pontos viszonyuknak az észrevételéhez sok éves megfigyelési tapasztalat is szükséges.

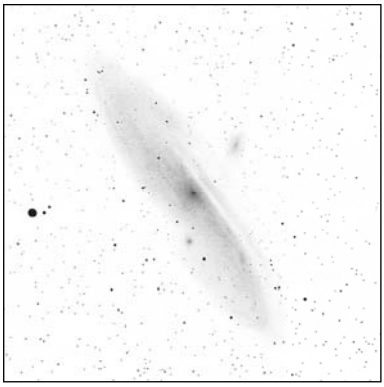
Látszó méretéből adódóan az Andromeda-galaxis észlelésére a kisebb és közepes átmérőjű, fényerős (f/5 körüli) műszerek a legalkalmasabbak. 15 cm-nél nagyobb átmérő esetében általában nem tudunk olyan kis hasznos nagyítást elérni, hogy legalább a galaxis belső, 2° átmérőjű része beleférjen a látómezőbe. Nagyobb műszerekkel a galaxis finom részleteit is tanulmányozhatjuk: az északnyugati perem közelében húzódó porsávokat, a felszín márványos foltosságát, a beforduló spirálkarok csillagfelhőit, köztük a legfényesebb NGC 206-ot.

Az M31 kísérőgalaxisai közül a két legfényesebb az M32 és az M110. Mindkettő törpegalaxis, sőt az M32 feltehetőleg egy nagyobb csillagváros magjának tekinthető, amelynek külső rétegeit egy korábbi kölcsönhatás során az M31 magába olvasztotta. Az M110 elnyúlt, orsószerű galaxis, amely némi port is tartalmaz, mérete jóval nagyobb az M32-nél, felületi fényessége pedig alacsonyabb. Sötétebb égbolton, binokulárral mindkét kísérő könnyedén látható, bár az M32 10×-es nagyítással még szinte csillagszerűnek tűnik. Az M110 finom foltját a fényszennyezés könnyen letörölheti, de városszéli égbolton már egyértelműen kivehető. Mivel elég távol van már a nagy galaxis magjától (mintegy 37 ívpercre), már közepes nagyításoknál is kívül maradhat a látómezőn. Az M31 távolabbi kísérői több tíz fokos régióban szóródnak szét az anyagalaxis körül, így nemcsak az Andromédában, hanem a Cassiopeiában és a Pegasusban, sőt valószínűleg még a Piscesben is akad képviselőjük (NGC 147 és NGC 185).

Az M31 fényesebb gömbhalmazainak megpillantásához 25 cm-es távcsőátmérő és legalább 200×-os nagyítás szükséges, bár a legfényesebb G1-et (Mayall II) akár 15-20 cm-es műszerrel is észrevehetjük (fényessége 13,8 magnitúdó, átmérője kb. 4″). Ez utóbbi az egész Lokális Csoport legnagyobb gömbhalmaza, kétszer akkora tömegű, mint az ω Centauri. Mindkettőről azt feltételezik, hogy törpegalaxisok lecsupaszított magjai. A G1-et nem könnyű megtalálni, mivel a galaxis magjától 2,6°-ra található, jóval a ködösségen kívül. Az M31 többi gömbhalmaza (3-400 biztos és legalább 600 meg nem erősített halmazról van szó) közül 25 cm-es műszerrel legalább tucatnyi, 35-40 cm-es átmérővel több tucat válik láthatóvá. A legfényesebbek 14-15 magnitúdósak, kiterjedésük 2″ körüli, így szinte csillagszerűnek látszanak. A galaxis legfényesebb nyílthalmazai, asszociációi szintén elérhetőek a legnagyobb amatőr eszközökkel: a galaxist ábrázoló fotografikus térképek ezeket is mutatják a gömbhalmazok mellett. Közülük a legfényesebb az NGC 206, amely jó égbolton 10-15 cm-es távcsövekkel is elérhető.



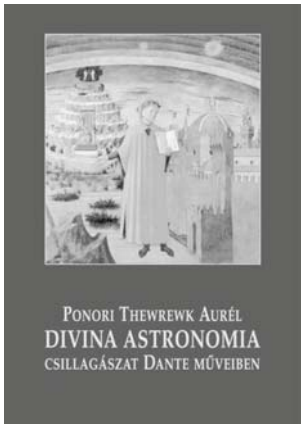
Bódi Attila felvétele az M31-ről és kísérőiről
(Canon EF 70–200 mm teleobjektív, f/2,8, Canon EOS 60D, 9 óra 45 perc expozíció ISO 800-on)



Cseh Viktor rajza az M31-ről és kísérőiről
(13 T, 26×, előre nyomtatott háttérre készült panorámarajz, kb. 3×3 fok)

Évforduló

700 éve halt meg Dante



Durante di Alighiero degli Alighieri, vagy rövidebb és ismertebb nevén Dante, 1265-ben született (a pontos dátum nem ismert) Firenzében. Aktívan rész vett a város politikai életében, emiatt száműzték, majd távollétében többször is halálra ítélték.

A politikánál sokkal nagyobb sikereket ért el költészetével. A középkor egyik legnagyobb költőjeként tartják számon. Műveibe gyakran épített be csillagászati utalásokat (ami a későbbi fordítóknak, többek között Babits Mihálynak is nehézséget jelentett). Fő műve, az Isteni színjáték is tele van ilyenekkel, mindezekről alapos ismertetést olvashatunk Ponori Thewrewk Aurél könyvében (*Divina astronomia. Csillagászat Dante műveiben*, MCSE, 2001).

Danténak van egy műve, mely közvetlenebbül kapcsolódik a természetfilozófiához. 1320-ban előadást tartott Veronában (ez már száműzetése alatt történt) *Questio de Aqua et Terra* címen (magyarul *Vita a vízről és a földről*, ford. Mezey László és Szedő Dénes, *Dante Alighieri összes művei*, Magyar Helikon, 1965, pp. 529–546). A szóban forgó kérdés a következő: a kor tudománya szerint a Hold alatti négy elem koncentrikusan helyezkedik el, legalul található a föld, utána a víz, a levegő, legfelül pedig a tűz. Azt azonban mindenki tapasztalhatta, hogy ennek ellenére a víz nincs mindenhol a föld felett, ugyanis szárazföldön éltek. Szóba került az apály és a dagály is, ezeket Dante szerint a Hold mozgása okozta.

Dante nem sokkal az előadás után, 1321. szeptember 14-én Ravennában meghalt. Mivel igen kevés középkori tudományos mű van magyarra fordítva, érdemes ilyen jellegű írásával is megismerkedni.

Kutatók éjszakája

A Kutatók éjszakája az egyik legnépszerűbb tudománynépszerűsítő program hazánkban. A rendezvénysorozat az Európai Bizottság kezdeményezésére kezdődött 2005-ben, European Researcher's Night elnevezéssel. Magyarország 2006-ban csatlakozott a Kutatók éjszakájához; a Magyar Csillagászati Egyesület 2007 óta vesz részt a programsorozaton – sok más hazai szervezethez és intézményhez hasonlóan. A Kutatók éjszakájának elsődleges célja a kutatói pálya népszerűsítése, a figyelemfelkeltés, ezen belül is elsősorban a tudomány népszerűsítése a fiatalok körében.

A rendezvényt hagyományosan szeptember utolsó péntekén tartják meg, 2018 óta a rákövetkező szombati napra is meghirdetik a Kutatók éjszakáját. A magyarországi programokat jelenleg a Regionális Információs és Fejlesztő Tudásközpont koordinálja. A rendezvényt 2019-ben 50 magyarországi településen szervezték meg, az érdeklődőket több mint 2500 programmal várták. Az MCSE – partnereivel karöltve – évről évre részt vesz a Kutatók éjszakája programjain, az évek során több tízezren pillanthattak bele távcsöveinkbe járdacsillagászati és intézményi bemutatók alkalmával.

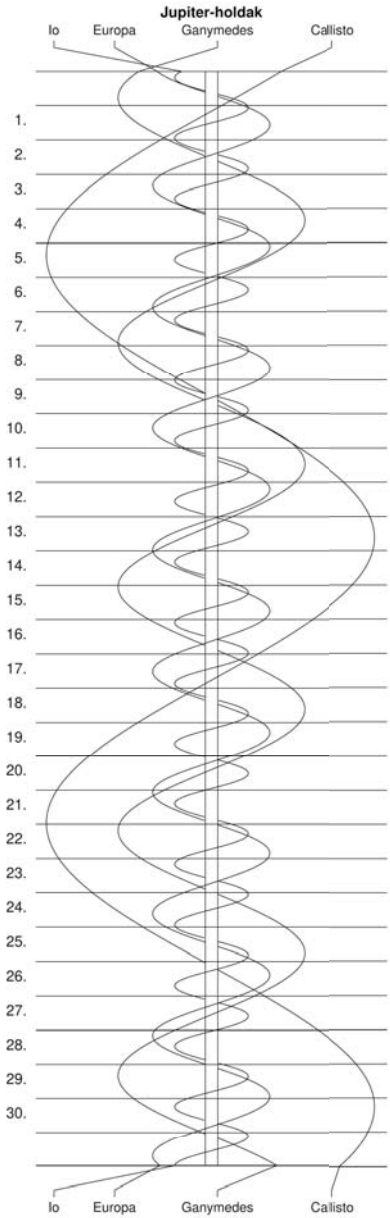
A Magyar Csillagászati Egyesület az első években a központi helyszínen, a Millenárison csatlakozott ehhez a tudománynépszerűsítő programhoz, majd egyre több helyszínen szervezett távcsöves bemutatókat helyi csoportjai és partnerszervezetei bevonásával. A Kutatók éjszakája kiváló lehetőség arra, hogy a tudomány iránt érdeklődőkkel találkozzunk, népszerűsítsük a csillagászatot, és a fiatalok figyelmét ráirányítsuk a „legszebb tudományágra". A rendezvény honlapja: www.kutatokejszakaja.hu

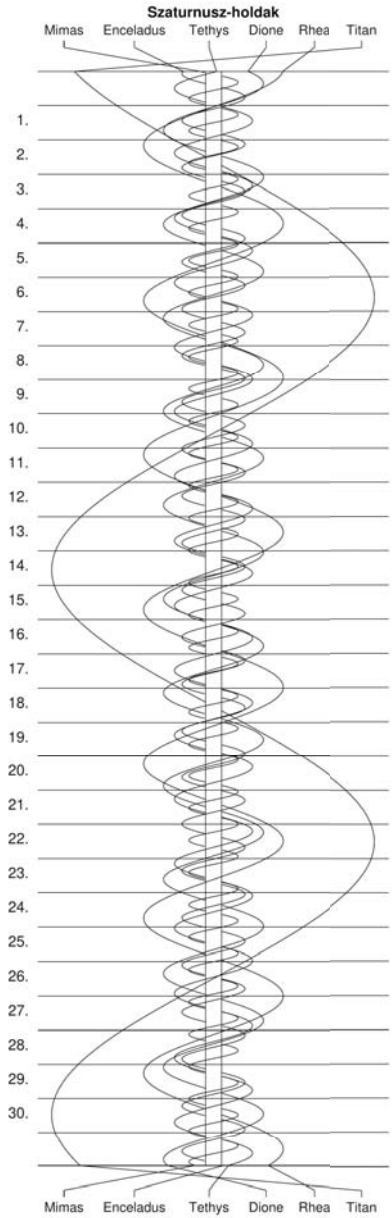
Jupiter-holdak

nap	UT h:m	hold	jelenség
1	1:30.8	Callisto	ek
4	2:30.3	Io	mk
	23:44.5	Io	ek
5	0:09.0	Io	ák
	2:02.8	Io	ev
	2:27.5	Io	áv
	20:56.4	Io	mk
	22:10.9	Europa	ek
	23:01.5	Europa	ák
	23:39.6	Io	fv
6	0:59.5	Ganymedes	ek
	0:59.9	Europa	ev
	1:51.3	Europa	áv
	18:10.7	Io	ek
	18:37.8	Io	ák
	20:28.9	Io	ev
	20:56.2	Io	áv
7	18:08.3	Io	fv
	20:42.1	Europa	fv
9	19:15.5	Callisto	fv
	20:22.0	Ganymedes	fv
12	1:29.8	Io	ek
	22:41.1	Io	mk
13	0:26.3	Europa	ek
	1:34.3	Io	fv
	1:36.8	Europa	ák
	19:56.2	Io	ek
	20:33.2	Io	ák
	22:14.3	Io	ev
	22:51.4	Io	áv
14	19:08.9	Europa	mk
	20:03.0	Io	fv
	23:20.1	Europa	fv
16	17:43.8	Europa	áv
	18:01.0	Ganymedes	mk
17	0:22.4	Ganymedes	fv
	20:27.3	Callisto	ev
	22:39.9	Callisto	ák
20	0:26.7	Io	mk

nap	UT h:m	hold	jelenség
20	21:42.6	Io	ek
	22:28.7	Io	ák
21	0:00.6	Io	ev
	0:46.7	Io	áv
	18:53.3	Io	mk
	21:28.5	Europa	mk
	21:57.9	Io	fv
22	18:27.3	Io	ev
	19:15.6	Io	áv
23	17:29.9	Europa	ák
	18:41.7	Europa	ev
	20:19.0	Europa	áv
	21:26.1	Ganymedes	mk
26	0:44.6	Callisto	mk
27	18:26.4	Ganymedes	áv
27	23:30.0	Io	ek
28	0:24.3	Io	ák
	20:40.2	Io	mk
	23:50.1	Europa	mk
	23:52.9	Io	fv
29	17:57.1	Io	ek
	18:53.2	Io	ák
	20:14.9	Io	ev
	21:11.0	Io	áv
30	18:12.7	Europa	ek
	18:21.7	Io	fv
	20:05.7	Europa	ák
	21:01.8	Europa	ev
	22:54.3	Europa	áv

f = fogyatkozás: a hold a Jupiter árnyékában
á = átvonulás: a hold árnyéka a Jupiteren
e = előtte: a hold a Jupiter korongja előtt
m = mögötte: a hold a Jupiter korongja mögött
k = a jelenség kezdete
v = a jelenség vége


Jupiter-holdak
Io
Europa
Ganymedes
Callisto
1.
2.
3.
4.
5.
6.
7.
8.
9.
10.
11.
12.
13.
14.
15.
16.
17.
18.
19.
20.
21.
22.
23.
24.
25.
26.
27.
28.
29.
30.
Io
Europa
Ganymedes
Callisto


Szaturnusz-holdak
Mimas
Enceladus
Tethys
Dione
Rhea
Titan
1.
2.
3.
4.
5.
6.
7.
8.
9.
10.
11.
12.
13.
14.
15.
16.
17.
18.
19.
20.
21.
22.
23.
24.
25.
26.
27.
28.
29.
30.
Mimas
Enceladus
Tethys
Dione
Rhea
Titan

λ = 19°, φ = 47,5°

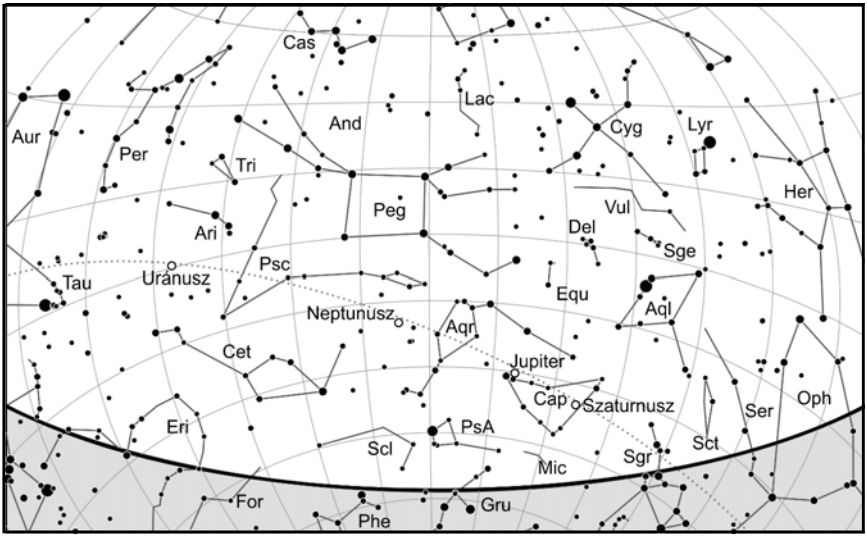
Kalendárium – október

KÖZEI

dátum			Nap kel, h m	Nap delel, h m	Nap nyugszik, h m	h_d °	E_t m	Hold kel, h m	Hold delel, h m	Hold nyugszik, h m	fázis	h m
1.	p	274.	5 42	11 33	17 23	39,2	10,2	–	7 28	15 34		
2.	sz	275.	5 44	11 33	17 21	38,8	10,6	0 20	8 19	16 05		
3.	v	276.	5 45	11 33	17 19	38,4	10,9	1 33	9 10	16 31		
		40. hét										
4.	h	277.	5 47	11 32	17 17	38,0	11,2	2 48	9 59	16 53		
5.	k	278.	5 48	11 32	17 15	37,6	11,5	4 06	10 48	17 14		
6.	sz	279.	5 49	11 32	17 13	37,2	11,8	5 25	11 37	17 34	●	12 05
7.	cs	280.	5 51	11 31	17 11	36,9	12,1	6 45	12 27	17 56		
8.	p	281.	5 52	11 31	17 09	36,5	12,4	8 08	13 20	18 21		
9.	sz	282.	5 54	11 31	17 07	36,1	12,7	9 33	14 16	18 51		
10.	v	283.	5 55	11 31	17 06	35,7	12,9	10 56	15 15	19 29		
		41. hét										
11.	h	284.	5 56	11 30	17 04	35,3	13,2	12 13	16 17	20 18		
12.	k	285.	5 58	11 30	17 02	35,0	13,5	13 19	17 18	21 18		
13.	sz	286.	5 59	11 30	17 00	34,6	13,7	14 12	18 18	22 28	◐	4 27
14.	cs	287.	6 01	11 30	16 58	34,2	13,9	14 52	19 14	23 43		
15.	p	288.	6 02	11 29	16 56	33,9	14,2	15 23	20 06	–		
16.	sz	289.	6 04	11 29	16 54	33,5	14,4	15 47	20 54	0 58		
17.	v	290.	6 05	11 29	16 52	33,1	14,6	16 07	21 39	2 12		
		42. hét										
18.	h	291.	6 06	11 29	16 50	32,8	14,8	16 25	22 22	3 23		
19.	k	292.	6 08	11 29	16 49	32,4	15,0	16 42	23 04	4 31		
20.	sz	293.	6 09	11 28	16 47	32,0	15,2	16 59	23 46	5 39	○	15 57
21.	cs	294.	6 11	11 28	16 45	31,7	15,4	17 18	–	6 47		
22.	p	295.	6 12	11 28	16 43	31,3	15,5	17 39	0 29	7 54		
23.	sz	296.	6 14	11 28	16 41	31,0	15,7	18 04	1 13	9 01		
24.	v	297.	6 15	11 28	16 40	30,6	15,8	18 35	1 59	10 06		
		43. hét										
25.	h	298.	6 17	11 28	16 38	30,3	15,9	19 13	2 47	11 08		
26.	k	299.	6 18	11 28	16 36	29,9	16,0	20 00	3 37	12 04		
27.	sz	300.	6 20	11 27	16 35	29,6	16,1	20 57	4 28	12 53		
28.	cs	301.	6 21	11 27	16 33	29,3	16,2	22 01	5 19	13 33	◑	21 06
29.	p	302.	6 23	11 27	16 31	28,9	16,3	23 11	6 09	14 05		
30.	sz	303.	6 24	11 27	16 30	28,6	16,4	–	6 59	14 32		
31.	v	304.	6 26	11 27	16 28	28,3	16,4	0 23	7 47	14 55		

Október

nap	Julián dátum 12^h UT	θ_{gr} 0^h UT h m s	névnapok
1.	2 459 489	0 39 48	Malvin, Rómeó, Terézia
2.	2 459 490	0 43 45	Petra, Örs, Tamás
3.	2 459 491	0 47 41	Helga, Ignác, Mária, Terézia
40. hét			
4.	2 459 492	0 51 38	Ferenc, Aranka, Hajnalka
5.	2 459 493	0 55 34	Aurél, Attila, Pálma
6.	2 459 494	0 59 31	Brúnó, Renáta, Csaba
7.	2 459 495	1 03 27	Amália, Mária, Márk
8.	2 459 496	1 07 24	Koppány, Bettina, Brigitta, Etelka, Gitta, János, Mária
9.	2 459 497	1 11 20	Dénes, Ábrahám, Ábris, Andor, Elemér, Sára
10.	2 459 498	1 15 17	Gedeon, Dániel, Ferenc, Lajos, Sámuel
41. hét			
11.	2 459 499	1 19 14	Brigitta, Andor, Sándor
12.	2 459 500	1 23 10	Miksa, Rezső
13.	2 459 501	1 27 07	Kálmán, Ede, Fatima, Fatime, Jakab
14.	2 459 502	1 31 03	Helén, Beatrix, Dominik, Domonkos, Lívia
15.	2 459 503	1 35 00	Teréz, Aranka, Aurélia, Hedvig, Tekla, Terézia, Vilma
16.	2 459 504	1 38 56	Gál, Ambrus, Aranka, Aurélia, Gellért, Hedvig, Margit
17.	2 459 505	1 42 53	Hedvig, Alajos, Ignác, Margit, Rezső, Rudolf
42. hét			
18.	2 459 506	1 46 49	Lukács, Ambrus
19.	2 459 507	1 50 46	Nándor, Frida, Friderika, Laura, Pál, Péter
20.	2 459 508	1 54 43	Vendel, Cintia, Irén, Irina
21.	2 459 509	1 58 39	Orsolya, Klementina, Zsolt
22.	2 459 510	2 02 36	Előd, Korinna
23.	2 459 511	2 06 32	*Nemzeti ünnep*; Gyöngyi, Gyöngyvér, Ignác, János
24.	2 459 512	2 10 29	Salamon, Rafael, Ráhel
43. hét			
25.	2 459 513	2 14 25	Blanka, Bianka, János, Margit
26.	2 459 514	2 18 22	Dömötör, Amanda, Ametiszt, Armand
27.	2 459 515	2 22 18	Szabina
28.	2 459 516	2 26 15	Simon, Szimonetta, Alfréd
29.	2 459 517	2 30 12	Nárcisz, Melinda
30.	2 459 518	2 34 08	Alfonz, Fanni, Kolos, Stefánia
31.	2 459 519	2 38 05	Farkas, Kristóf



A déli égbolt október 15-én 20:00-kor (UT)

Bolygók

Merkúr: A hónap első felében a Nap közelsége miatt nem figyelhető meg, 9-én van alsó együttállásban. 15-én már kereshető napkelte előtt a keleti látóhatár közelében. Láthatósága villámgyorsan javul. 25-én van legnagyobb nyugati kitérésben, 18,6°-ra a Naptól. Noha ez viszonylag kis érték, a Nap előtt egy és háromnegyed órával kelő bolygó kitűnően látható, ezért ez idei második legkedvezőbb hajnali láthatósága.

Vénusz: Továbbra is feltűnően látszik az esti délnyugati égen, ragyogása kiemeli a többi égitest közül. A hónap elején egy óra húsz perccel, a végén két órával nyugszik a Nap után. 29-én van legnagyobb keleti kitérésben, 47°-ra a Naptól. Fényessége -4,2^m-ról -4,5^m-ra, átmérője 18,6″-ről 25,3″-re nő, fázisa 0,62-ról 0,49-ra csökken.

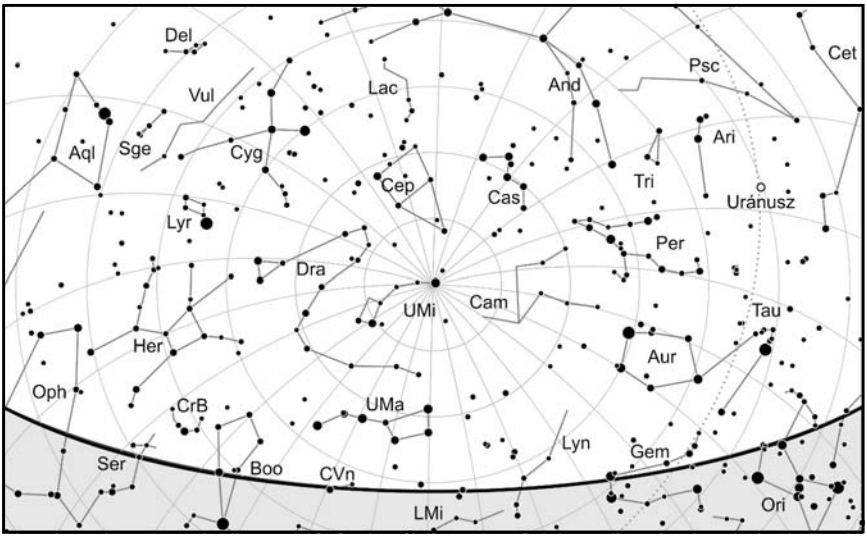
Mars: Előretartó mozgást végez a Szűz csillagképben. 8-án együttállásban a Nappal, ezért a hónap folyamán nem figyelhető meg. Fényessége 1,6^m-ról 1,5^m-ra nő, látszó átmérője 3,6″.

Jupiter: 18-ig hátráló, utána előretartó mozgást végez a Bak csillagképben. Az éjszaka első felében figyelhető meg a délnyugati ég alján mint fényes égitest, éjfél után nyugszik. Fényessége -2,6^m, átmérője 44″.

Szaturnusz: Hátráló, majd 11-étől előretartó mozgást végez a Bak csillagképben. Az esti délnyugati ég alján kereshető, éjfél után nyugszik. Fényessége 0,6^m, átmérője 17″.

Uránusz: Az esti órákban kel, az éjszaka döntő részében megfigyelhető. A Kos csillagképben végzi hátráló mozgását.

Neptunusz: Az éjszaka első felében figyelhető meg, hajnalban nyugszik. Hátráló mozgást végez a Vízöntő csillagképben.



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

Eseménynaptár (UT)

Dátum	Idő	Esemény
10.01	20:05	a (40) Harmonia kisbolygó oppozícióban (9,3 magnitúdós, Cet csillagkép)
10.01	21:51	a 67P/Churyumov-Gerasimenko üstökös 5'-cel északra látható az ι Tau-tól (4,6 magnitúdós)
10.02	23:01	a 67P/Churyumov-Gerasimenko üstökös 13'-cel északra látható a 105 Tau-tól (5,8 magnitúdós)
10.03	04:06	a Hold maximális librációja (l = -6,15°, b = -6,63°, 13,4%-os, csökkenő holdfázis)
10.04	03:03	a 4P/Faye üstökös 8'-cel nyugatra látható a Sharpless 261 emissziós ködtől (LBN 864) az Orion csillagképben
10.04	18:05	a (27) Euterpe kisbolygó (12,2 magnitúdós) 4'-cel keletre látható az M22 gömbhalmaztól (6,7 magnitúdós) a Nyilas csillagképben
10.04	21:00	a 67P/Churyumov-Gerasimenko üstökös 13'-cel keletre látható a 108 Tau-tól (6,3 magnitúdós)
10.05	04:14	30 óra 51 perces holdsarló 10,0° magasan a reggeli égen
10.07	16:46	29 óra 41 perces holdsarló 1,2° magasan az esti égen (a Vénusztól 30°-ra nyugatra)
10.08	17:20	a Hold földközelben (363 404 km, látszó átmérő: 32'52", 7,1%-os, növekvő holdfázis)
10.09	10:20	a Hold minimális librációja (l = 0,84°, b = -0,70°, 12,1%-os, növekvő holdfázis)
10.09	16:42	a Vénusz 2,8°-ra DK-re látható a 14,1%-os, növekvő fázisú Holdtól az esti szürkületben a Skorpió csillagképben
10.10	06:21	az (59) Elpis kisbolygó oppozícióban (10,8 magnitúdós, Cet csillagkép)

Dátum	Idő	Esemény
10.10	21:20	a Szaturnusz gyűrűjének legjobb láthatósága, a gyűrű síkjának legnagyobb dőlése (B = 19,5°)
10.10		A Déli Tauridák meteorraj maximuma (ZHR = 5)
10.12	03:48	a (111) Ate kisbolygó oppozícióban (11,4 magnitúdós, Halak csillagkép)
10.15	17:42	az (50) Virginia kisbolygó (10,6 magnitúdós) 10'-cel ÉNy-ra látható a μ Psc-tól (4,8 magnitúdós)
10.16	07:05	a Hold maximális librációja (l = 6,05°, b = 6,71°, 81,7%-os, növekvő holdfázis)
10.16	07:12	az (50) Virginia kisbolygó oppozícióban (10,8 magnitúdós, Halak csillagkép)
10.16	16:41	a Vénusztól 1,4°-kal délre látható az α Sco (1,1 magnitúdós) az esti szürkületben
10.16	19:06	a 85,7%-os, növekvő fázisú holdkorong peremétől 1' 24"-re ÉNy-ra látható a τ^2 Aquarii (4,1 magnitúdós)
10.17	09:30	A Leonidák meteorraj maximuma (2HR=10).
10.17	17:02	a Neptunusz 4,6°-ra ÉNy-ra látható a 91,7%-os, növekvő fázisú Holdtól az esti szürkületben a Vízöntő csillagképben
10.18	03:21	a (20) Massalia kisbolygó (10,8 magnitúdós) 5'-cel északra látható a θ Cnc-től (5,3 magnitúdós)
10.19	17:39	a 99,2%-os, növekvő fázisú holdkorong peremétől 2' 20"-re DK-re látható a 29 Ceti (6,4 magnitúdós)
10.20	00:46	a 99,6%-os, növekvő fázisú holdkorong peremétől 6' 13"-re DK-re látható a 89 Piscium (5,1 magnitúdós)
10.20	03:10	a (25) Phocaea kisbolygó oppozícióban (10,2 magnitúdós, Halak csillagkép)
10.20	03:25	a (7) Iris kisbolygó (9,3 magnitúdós) 17'-cel DK-re látható az NGC 2420 nyílthalmaztól (10,0 magnitúdós) az Ikrek csillagképben
10.21	03:27	a (8) Flora (11,6 magnitúdós) és az (52) Europa (12,2 magnitúdós) kisbolygó 4'-es közelsége a Szűz csillagképben
10.21	17:31	a (3) Juno kisbolygó (11,3 magnitúdós) 8'-cel ÉK-re látható a 47 Oph-tól (6,2 magnitúdós)
10.21	23:40	az Uránusz 1,7°-ra ÉNy-ra látható a 98,3%-os, csökkenő fázisú Holdtól a Kos csillagképben
10.23	16:38	a Hold minimális librációja (l = 0,25°, b = -0,25°, 91,6%-os, csökkenő holdfázis)
10.23	21:04	a 90,6%-os, csökkenő fázisú holdkorong peremétől 6' 54"-re ÉNy-ra látható az 51 Tauri (5,6 magnitúdós)
10.23	22:45	a Merkúr dichotómiája (18,3°-os nyugati elongáció, 7,1" látszó átmérő)
10.24	01:39	a 89,5%-os, csökkenő fázisú holdkorong peremétől 2' 4"-re északra látható a 67 Tauri (5,3 magnitúdós)
10.24	15:20	a Hold földtávolban (405 587 km, látszó átmérő: 29'27", 86,0%-os, csökkenő holdfázis)
10.25	05:30	a Merkúr legnagyobb nyugati elongációja (18,6°, -0,5 magnitúdós, 6,8" átmérő, 56% fázis, Szűz csillagkép)
10.26	02:38	a Hold súrolva fedi a ZC 932-t az északi pereme mentén (7,3 magnitúdós, 75%-os, csökkenő holdfázis) az Ikrek csillagképben
10.26	21:23	a 68,5%-os, csökkenő fázisú holdkorong peremétől 4' 29"-re délre látható a 37 Geminorum (5,7 magnitúdós)
10.26	23:15	a 67,8%-os, csökkenő fázisú holdkorong peremétől 2' 20"-re északra látható a 39 Geminorum (6,2 magnitúdós)

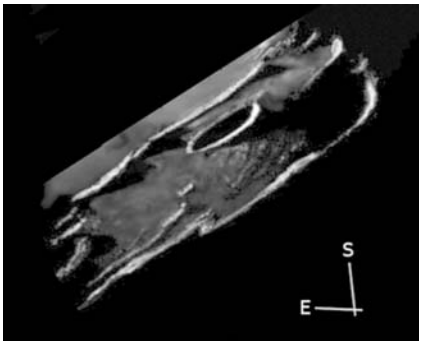
Dátum	Idő	Esemény
10.27	02:40	az (50) Virginia kisbolygó (10,9 magnitúdós) 10'-cel DK-re látható az NGC 488 galaxistól (10,3 magnitúdós) a Halak csillagképben
10.27	07:44	a (110) Lydia kisbolygó oppozícióban (11,2 magnitúdós, Cet csillagkép)
10.28	14:55	a Vénusz dichotómiája (47,0°-os keleti elongáció, 24,6" látszó átmérő)
10.28	22:29	a 49,1%-os, csökkenő fázisú Holdtól 3,1° távolságra délre látható a Jászol nyílthalmaz (M44, 3,1 magnitúdós) a Rák csillagképben
10.29	20:52	a Vénusz legnagyobb keleti elongációja (47,0°, -4,4 magnitúdós, 25,2" átmérő, 49% fázis, Kígyótartó csillagkép)
10.30	21:41	a Hold maximális librációja (l = -7,11°, b = -6,80°, 29,7%-os, csökkenő holdfázis)
10.30	22:13	a (80) Sappho kisbolygó (11,2 magnitúdós) 11'-cel DNy-ra látható a β Aqr-tól (2,9 magnitúdós)
10.31	01:18	a 28,2%-os, csökkenő fázisú holdkorong peremétől 2' 8"-re délre látható a 46 Leonis (5,4 magnitúdós)

Együttállások

Október 9-én 16:55 UT-kor a délnyugati horizont felett 5 fokkal kereshetjük a -3,8 magnitúdós Vénuszt, tőle 2,8 fokra a 14%-os holdsarló lesz látható.
Október 28-án 22:29 UT-kor az utolsó negyedben járó Hold ismét az M44 mellett, attól 3,1 fokra mutatkozik. A keleti ég felett 10-11 fokkal tartózkodó égi páros a szeptemberihez hasonló, vagy talán szebb fotótémát kínál.

A Babbage-kráter

Keleti szomszédjához, a J. Herschel-kráterhez hasonlóan a Babbage is egy hatalmas méretű, imbriumi törmelékkel feltöltött aljú kráter a Mare Frigoris északkeleti partján. Átmérője 144 km, mélysége erősen változó, a legmélyebb pontján 2000 méter. Elég egy rövid pillantást vetnünk egy űrszondás felvételre, például a Lunar Orbiter 4, vagy a Lunar Reconnaissance Orbiter felvételére és máris láthatjuk, hogy itt nem egyetlen kráterről, hanem egy bonyolult, legalább 5 kráterből álló komplexumról van szó, amit később befedett és így össze is mosott az Imbrium-medence születésekor kirepült, majd a talajra visszahullott törmelék. Tovább bonyolítja a képet, hogy egy nagyobb és két-három kisebb parazitakráter is a kráter-

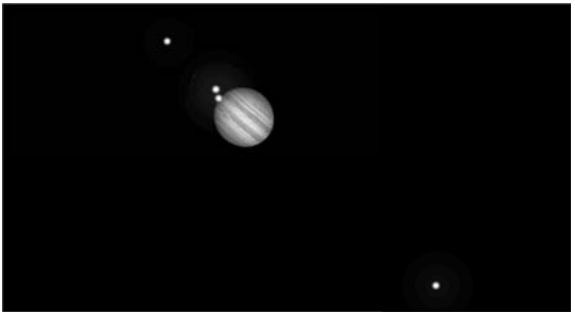


A Babbage-kráter Földvári István Zoltán 2016. január 21-én készült rajzán. Az észleléshez használt műszer egy 80/900-es refraktor volt, 150×-es nagyítással

belsőbe telepedett. A Földről szemlélve nehezebb értelmezni a látottakat, mint a nagy felbontású űrszondás felvételeken, de azért sok minden látszik, még egy szerényebb méretű távcsővel is. Mivel nagyon közel fekszik a holdkorong északnyugati pereméhez (szelenografikus koordinátái: északi szélesség 59,5°, nyugati hosszúság 56,8°), alakja erősen elliptikus. Bonyolult szerkezete miatt az alakja nem egy szabályos ellipszis, mint például az északnyugatról hozzá csatlakozó impozáns Pythagoras-kráteré, hanem inkább téglalap. Különös látvány, hogy a Babbage déli szélén három kráter egybeolvadó sáncát fedezhetjük fel. Délnyugati része a 70 km-es Babbage D-kráter. Ennek a közepén már kis távcsővel is felfedezhetjük a 7 km-es E-krátert. A legnagyobb parazitakráter a Babbage A, ennek átmérője 32 km. Érdekes ez a kráter is, ugyanis a kráterek fősorozatán elfoglalt helye alapján kellene, hogy legyen központi csúcsa, de ennek nyoma sincs, még az űrszondás felvételeken sem. A Babbage A-tól közvetlenül nyugatra találjuk a 14 km-es C-krátert. Ez egy kis gödörkráter, az űrszondás felvételek szerint meglehetősen idős, mert sok apró másodlagos kráter borítja a felszínét. Nagy távcsővel észrevehetünk egy igen apró, névtelen krátert az A-kráter északnyugati szélén. Említést érdemel még a Babbage A-krátertől északra eső része. Itt a krátertalajon egy alacsony gerincet figyelhetünk meg, ami az egyik eltemetett kráter sáncának a maradványa. A Babbage-krátert közvetlenül telehold előtt érdemes felkeresnünk.

Csak egyetlen Galilei-hold látszik a Jupiter mellett október 29-én

Ezen az estén a Jupiter felé fordítva távcsövünket a szokásos négy helyett csak az Europa fog látszani a Galilei-holdak közül. A mozgalmas este folyamán többféle árnyékjelenséget is megfigyelhetünk, míg jupiternyugta előtt elérkezik az egyholdas állapot. 19:18 UT-kor kezdődik a jelenségek sora, amikor a Ganymedes kibukkan a bolygó korongja mögül, így a Jupiter keleti pereme mellett három hold világít (amelyek mindegyike el fog tűnni), és csak a nyugati oldalon, 2,5 ívpercre lévő Europa marad „változatlan". Elsőként az Io 19:48 UT-kor a bolygó elé kerül, 21:05-kor az árnyéka is megjelenik. De tíz perccel ezt megelőzően, 20:55-kor a Ganymedes bekerül a bolygó árnyékába, őt 21:25-kor a Callisto követi. Ekkor úgy fog tűnni, a Jupiternek csak egy holdja maradt, bár nagyobb nagyításokkal az Io korongja kivehető lesz a bolygó felhőire vetülve.



A Jupiter keleti oldalán 19:45 UT-kor még három hold sorakozik, ezek körül 21:30-ra az Io a bolygó elé kerül, a Ganymedes és a Callisto pedig a Jupiter árnyékába merül. Csak a távol tanyázó Europa „marad az égen".

Csillagfedések

dátum		UT			J	csillag No		Hold	Nap	Hold	pozíció		korrekció	
hó	nap	h	m	s			m_v	fázis	h	h	CA	PA	a	b
10	2	1	21	4,9	r	80648	8,7	22-		17	74S	275	+0,1	+1,3
10	2	3	50	50,3	r	80693	8,4	21-	-10	41	49S	249	+1,0	+2,3
10	3	3	36	0,4	D	1484	3,5	13-		28	-55N	80	+0,5	+1,9
10	3	4	35	53,3	R	1484	3,5	13-	-2	38	68N	318	+1,0	-0,5
10	4	4	38	31,3	r	1598	6,5	6-	-2	26	59N	332	+0,7	-0,9
10	8	15	39	23,9	D	2118	2,8	7+	4	13	28S	168	+0,9	-2,3
10	8	16	16	50,8	R	2118	2,8	7+	-2	8	-41S	237	+0,8	-0,8
10	16	16	55	42,8	D	3343	5,7	85+	-11	17	68N	40	+1,0	+1,9
10	17	18	13	4,6	d	3484	6,9	92+		26	74S	74	+1,4	+1,4
10	17	20	40	21,6	d	3490	7,2	92+		35	52N	19	+0,7	+1,7
10	18	23	50	0,1	d	66	7,1	97+		32	64S	79	+1,4	-0,8
10	21	17	30	28,0	r	384	5,6	99-		11	68S	242	-0,1	+1,8
10	22	22	29	22,9	R	510	6,8	95-		54	88N	261	+1,6	+1,2
10	23	21	39	14,3	R	633	5,5	90-		43	42S	213	+0,2	+2,7
10	24	1	9	51,4	r	76593	7,1	90-		64	66S	236	+1,6	+1,3
10	25	22	59	58,0	R	918	7,0	76-		43	66S	245	+0,7	+2,1
10	26	1	51	7,5	r	78029	7,6	75-		67	66S	246	+1,7	+1,5
10	26	2	49	32	r	932	7,3	75-		69	20N	340	+2,2	-9,1
10	26	20	28	44,0	r	1049	6,8	68-		11	90S	274	-0,2	+1,2
10	27	0	6	49,1	R	1062	6,4	67-		46	75N	290	+1,3	+0,7
10	27	1	54	57,8	r	78998	8,0	66-		62	79S	265	+1,7	+1,0
10	27	23	29	24,8	r	79753	7,8	58-		31	90S	280	+0,6	+1,2
10	28	1	49	16,3	r	1194	7,8	57-		53	63S	254	+1,3	+1,8
10	29	4	57	47,2	r	1330	7,8	46-	-5	65	71N	306	+1,6	-1,4
10	30	3	24	24,9	R	1435	6,5	37-		48	57N	323	+1,3	-1,2
10	30	4	23	53,5	R	1436	6,8	36-	-11	56	69N	312	+1,4	-1,0
10	31	3	45	26,7	r	99202	7,8	27-		40	22S	227	+1,7	+5,7
10	31	4	11	17,4	r	99207	8,2	27-		44	84N	300	+1,2	+0,0

Évfordulók

Száz éve hunyt el Schulhof Lipót

Schulhof Lipót magyar (és Léopold Schulhof néven ismert francia) csillagász Baján született 1847. március 12-én. Alap- és középfokú tanulmányait Baján végezte, majd a bécsi és a párizsi egyetemen tanult csillagászatot. 1869-ben a bécsi csillagvizsgálóban kapott állást. 1875-től a Párizsi Obszervatóriumban, 1878-tól pedig a Bureau des Longitudes munkatársaként, később aligazgatójaként dolgozott.

A magyar csillagászok közül ő foglalkozott elsőként változócsillagok megfigyelésével, és ő fedezett fel először kisbolygót, a (147) Protogeneia nevű aszteroidát, még bécsi kutatóként. Munkássága nagy

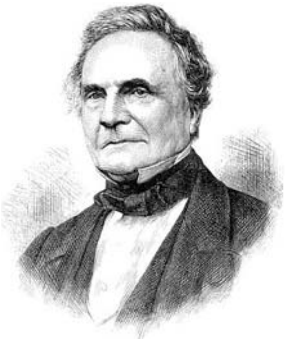
részében azonban üstökösök és kisbolygók pályaszámításával foglalkozott, ez tette ismertté a nevét szakmai körökben. Különösen jelentősek a kisbolygók pályaháborgásainak számításában és észlelésében elért eredményei. A pályaszámítások során figyelembe vette a perturbáló hatásokat is, ezzel elősegítve néhány korábban felfedezett, de utóbb elveszettnek hitt üstökös és kisbolygó újrafelfedezését. Pontosította a Delaunay-féle holdmozgás-táblázatokat, továbbá befejezte a Joseph Bossert halála miatt félkészen maradt csillagsajátmozgás-katalógust.

1872 novemberében Bajáról figyelte meg az Andromedidák meteorzáporát, majd később Edmund Weiss osztrák csillagásszal kimutatta, hogy az ilyen jelenségek eredete az üstökösök széthullásában keresendő. 1878-ban a Magyar Tudományos Akadémia levelező tagjává választották. Több tanulmánya jelent meg az *MTA Értekezések a Mathematikai Tudományok Köréből* c. kiadványban és a *Természettudományi Közlöny* számaiban.

Franciaországban számos díjat kapott, közte a Becsületrend tiszti keresztjét, a „csillagászati többtest-probléma egyik speciális esetének kidolgozásáért" a Vaillant-díjat (1877), továbbá két alkalommal a Francia Tudományos Akadémia Lalande-díját (1893, 1920).

Párizsban hunyt el, 1921. október 10-én. Nevét őrzi a (2384) Schulhof kisbolygó.

150 éve halt meg Charles Babbage



Charles Babbage angol matematikus, mérnök, a „komputer atyja" 1791. december 26-án született Londonban. Eleinte magániskolákban tanult, majd 1810-ben a Cambridge-i Egyetemen folytatta tanulmányait. Itt, többek között John Herschellel (l. a novemberi évfordulóknál) együtt megalakították az Analitikus Társaságot (Analytical Society), amelynek célja a modernebb európai (a newtoni helyett a leibnizi) jelölésrendszer angliai bevezetése volt. Az egyetem elvégzését követően nehezen talált magának állást. Édesapja halála után azonban az örökség függetlenné tette.

Noha Babbage nem volt csillagász, jelentős szerepet játszott a Royal Astronomical Society alapításában (ez nem azonos a tudományos akadémiának megfelelő Royal Society-vel). Az eredeti cél a csillagászati számítások egységesebb formára hozása volt. A Nautical Almanac adatainak pontosabbá tételéhez szükséges számítások adták Babbage számára az indíttatást számítógépe, a differenciálgép megalkotására (a 20. század végén ténylegesen felépítették 19. századi anyagokból, és a gép tökéletesen működött).

Számos, matematikát igénylő területen ért el eredményeket, köztük olyanon is, mint a biztosításokhoz kapcsolódó számítások (*A Comparative View of the Various Institutions for the Assurance of Lives*, London, 1826). Legmaradandóbb munkája azonban kétségtelenül a számítástechnikához kapcsolódik.

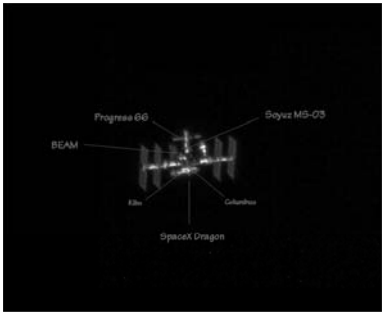
Babbage 1871. október 18-án halt meg Londonban. Elneveztek róla egy holdkrátert, egy évente odaítélt számítástechnikai díjat, a (11341) Babbage kisbolygót és a Minnesotai Egyetem Charles Babbage Intézetét (http://www.cbi.umn.edu/).

Műholdak sokasága

Több mint hat évtizeddel az első mesterséges hold, a Szputnyik–1 felbocsátása után még mindig izgalmakat rejt egy-egy műhold feltűnése égboltunkon. A Nemzetközi Űrállomás (International SpaceStation, ISS), vagy más mesterséges égitestek átvonulásai egy-egy távcsöves bemutató különleges látnivalóiként is szolgálhatnak, hiszen – az ISS esetében – rendkívül fényes jelenségről van szó.

Az, hogy mennyire könnyen megfigyelhető az égen átvonuló Nemzetközi Űrállomás, Simonyi Károly, a második magyar űrutazó 2007-es útja során tudatosult először sokakban, hogy a Nemzetközi Űrállomás mennyire feltűnő, fényes objektum, és milyen érdekes feladat útját nyomon követni. Az űreszköz-észlelés népszerűségében az is szerepet játszott, hogy ma már pofonegyszerű pontos átvonulás-adatokhoz jutni (jó példa erre a heavens-above.com, ahol tetszőleges észlelőhelyre lehet lekérni az aktuális átvonulásokat). A Nemzetközi Űrállomás látszó fényessége kedvező esetben – ha a zenit közelében vonul át – elérheti a Vénusz fényességét.

Az utóbbi időben külön észlelési területté kezd válni a Nemzetközi Űrállomás megfigyelése. Az űreszköz kiterjedt volta, különösen a napelemtáblák vizuálisan is megfigyelhetők, kisebb távcsővel, 40–50-szeres nagyítással, kézi mozgatással követve. Ez nem könnyű feladat, szükséges hozzá némi távcsőkezelési gyakorlat. A digitális észlelők között is sokan vannak, akik a Nemzetközi Űrállomás átvonulásait örökítik meg, törekedve arra, hogy minél finomabb részleteket rögzítsenek. A képeken igyekeznek azonosítani az űrállomás moduljait, vagy az éppen hozzá kapcsolódó űrhajókat. Külön „műfajt" jelentenek azok a felvételek, amelyeken az éppen a Nap vagy a Hold előtt átsuhanó űrállomást örökítik meg az észlelők.



A Nemzetközi Űrállomás 2017. március 16-án, Nagy Szabolcs felvételén. 250/1200-as Dobson-távcső, kézi követés, Zwo ASI 120MM kamera (Zwo vörös szűrővel), TeleVue 2,5x Powermate fókusznyújtó, 0,9 ms expozíciós idő

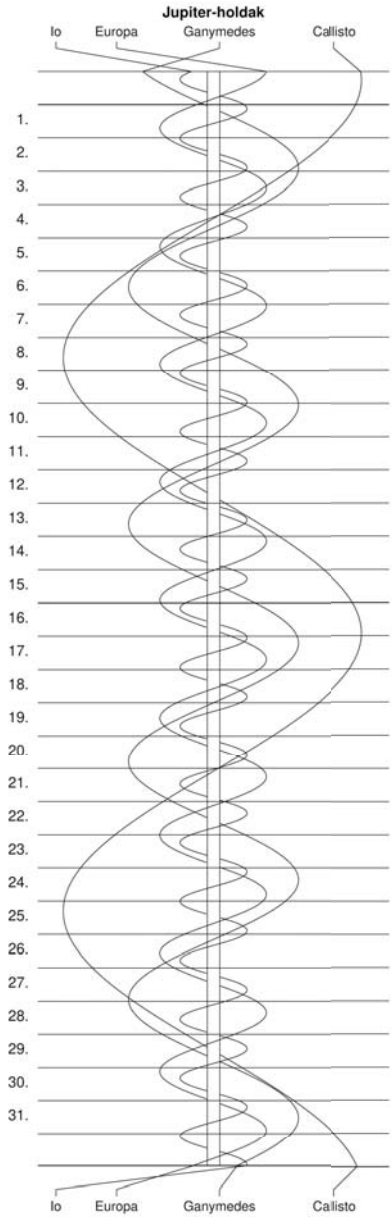
Az égboltot rendszeresen megfigyelők viszonylag ritka, műholdakkal kapcsolatos eseményeket is megfigyelhetnek: közvetlenül a felbocsátások után – kedvező esetben – az űreszközt és hordozórakétáját, a felesleges hajtóanyag kibocsátása útján keletkező felhőt, váratlan műhold-becsillanásokat stb. A Földünk körül egyre sokasodó mesterséges holdaknak azonban vannak „árnyoldalaik" is. A 2019 óta sorozatosan felbocsátott műholdseregek (a SpaceX Starlink műholdcsaládja) az indítást követő időszakban, amikor még alacsonyabb pályán tartózkodnak, annyira feltűnőek, hogy még a laikusok figyelmét is magukra vonják. A végleges, magasabban húzódó pályákon ezek az űreszközök már halványabbak, szabad szemmel nem láthatóak, azonban tervezett nagy számuk miatt – akár több tízezer egység – a professzionális és amatőr megfigyeléseket nagy mértékben zavarhatják, nem is szólva az űrszemét ugrásszerű gyarapodásának lehetőségéről.

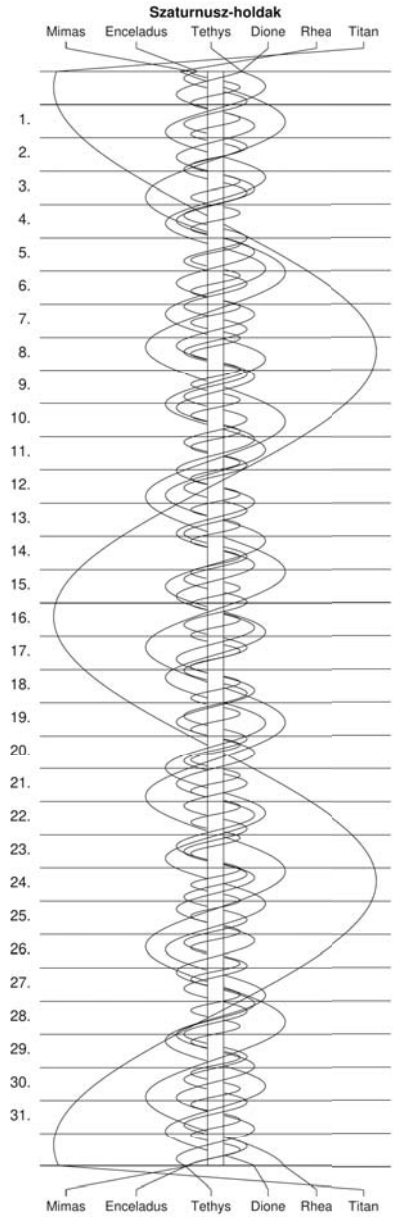
Jupiter-holdak

nap	UT h:m	hold	jelenség
2	17:54.7	Europa	fv
4	16:56.7	Callisto	ák
	18:19.7	Ganymedes	ev
	18:52.4	Ganymedes	ák
	21:24.1	Callisto	áv
	22:27.3	Ganymedes	áv
5	22:28.2	Io	mk
6	19:46.0	Io	ek
	20:48.9	Io	ák
	22:03.6	Io	ev
	23:06.4	Io	áv
7	16:55.4	Io	mk
	20:16.8	Io	fv
	20:35.0	Europa	ek
	22:41.5	Europa	ák
	23:24.2	Europa	ev
8	17:35.2	Io	áv
9	20:32.8	Europa	fv
11	18:20.2	Ganymedes	ek
	21:56.0	Ganymedes	ev
	22:54.1	Ganymedes	ák
12	21:01.6	Callisto	mv
13	21:36.0	Io	ek
	22:44.6	Io	ák
14	18:45.0	Io	mk
	22:12.0	Io	fv
	22:59.9	Europa	ek
15	16:27.9	Ganymedes	fv
	17:13.6	Io	ák
	18:21.1	Io	ev
	19:30.7	Io	áv
16	16:40.8	Io	fv
	17:53.8	Europa	mk
	23:10.7	Europa	fv

nap	UT h:m	hold	jelenség
18	17:23.6	Europa	áv
	22:01.8	Ganymedes	ek
21	20:35.8	Io	mk
22	16:54.5	Ganymedes	fk
	17:55.3	Io	ek
	19:09.3	Io	ák
	20:12.6	Io	ev
	20:29.3	Ganymedes	fv
	21:26.3	Io	áv
23	18:36.2	Io	fv
	20:23.8	Europa	mk
25	17:12.0	Europa	ák
	17:30.9	Europa	ev
	19:59.7	Europa	áv
28	22:27.8	Io	mk
29	19:18.7	Ganymedes	mv
	19:48.1	Io	ek
	20:55.9	Ganymedes	fk
	21:05.1	Io	ák
	21:25.7	Callisto	fk
	22:05.3	Io	ev
30	16:56.0	Io	mk
	20:31.6	Io	fv
31	16:33.7	Io	ev
	17:50.9	Io	áv

f = fogyatkozás: a hold a Jupiter árnyékában
á = átvonulás: a hold árnyéka a Jupiteren
e = előtte: a hold a Jupiter korongja előtt
m = mögötte: a hold a Jupiter korongja mögött
k = a jelenség kezdete
v = a jelenség vége


Jupiter-holdak
Io
Europa
Ganymedes
Callisto
1.
2.
3.
4.
5.
6.
7.
8.
9.
10.
11.
12.
13.
14.
15.
16.
17.
18.
19.
20.
21.
22.
23.
24.
25.
26.
27.
28.
29.
30.
31.
Io
Europa
Ganymedes
Callisto


Szaturnusz-holdak
Mimas
Enceladus
Tethys
Dione
Rhea
Titan
1.
2.
3.
4.
5.
6.
7.
8.
9.
10.
11.
12.
13.
14.
15.
16.
17.
18.
19.
20.
21.
22.
23.
24.
25.
26.
27.
28.
29.
30.
31.
Mimas
Enceladus
Tethys
Dione
Rhea
Titan

λ = 19°, φ = 47,5°

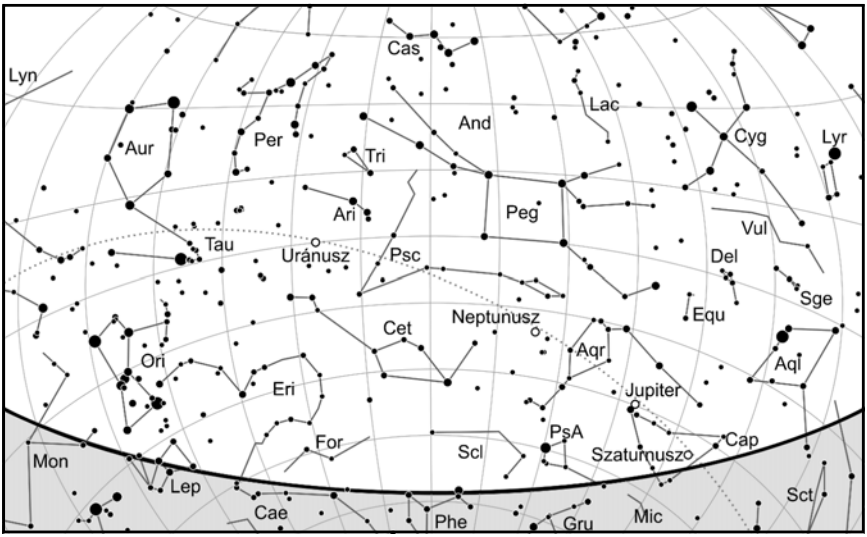
Kalendárium – november

KÖZEI

dátum			Nap kel, h m	Nap delel, h m	Nap nyugszik h m	h_d °	E_t m	Hold kel, h m	Hold delel, h m	Hold nyugszik h m	fázis h m
		44. hét									
1.	h	305.	6 27	11 27	16 27	28,0	16,5	1 39	8 35	15 16	
2.	k	306.	6 29	11 27	16 25	27,6	16,5	2 56	9 23	15 36	
3.	sz	307.	6 30	11 27	16 24	27,3	16,5	4 15	10 13	15 56	
4.	cs	308.	6 32	11 27	16 22	27,0	16,5	5 38	11 05	16 19	● 22 15
5.	p	309.	6 33	11 27	16 21	26,7	16,5	7 03	12 01	16 47	
6.	sz	310.	6 35	11 27	16 19	26,4	16,4	8 30	13 00	17 22	
7.	v	311.	6 36	11 27	16 18	26,1	16,4	9 54	14 03	18 08	
		45. hét									
8.	h	312.	6 38	11 27	16 17	25,8	16,3	11 08	15 07	19 06	
9.	k	313.	6 39	11 27	16 15	25,6	16,2	12 08	16 10	20 15	
10.	sz	314.	6 41	11 28	16 14	25,3	16,2	12 54	17 09	21 31	
11.	cs	315.	6 42	11 28	16 13	25,0	16,0	13 27	18 03	22 47	◐ 13 48
12.	p	316.	6 44	11 28	16 11	24,7	15,9	13 53	18 52	–	
13.	sz	317.	6 45	11 28	16 10	24,5	15,8	14 14	19 38	0 02	
14.	v	318.	6 47	11 28	16 09	24,2	15,6	14 33	20 21	1 13	
		46. hét									
15.	h	319.	6 48	11 28	16 08	23,9	15,5	14 50	21 03	2 22	
16.	k	320.	6 50	11 28	16 07	23,7	15,3	15 06	21 44	3 29	
17.	sz	321.	6 51	11 29	16 06	23,4	15,1	15 24	22 26	4 36	
18.	cs	322.	6 53	11 29	16 05	23,2	14,9	15 44	23 10	5 43	
19.	p	323.	6 54	11 29	16 04	23,0	14,7	16 07	23 55	6 50	○ 9 59
20.	sz	324.	6 55	11 29	16 03	22,8	14,5	16 35	–	7 56	
21.	v	325.	6 57	11 29	16 02	22,5	14,2	17 11	0 43	9 00	
		47. hét									
22.	h	326.	6 58	11 30	16 01	22,3	14,0	17 55	1 32	9 59	
23.	k	327.	7 00	11 30	16 00	22,1	13,7	18 48	2 23	10 50	
24.	sz	328.	7 01	11 30	15 59	21,9	13,4	19 49	3 13	11 32	
25.	cs	329.	7 02	11 31	15 59	21,7	13,1	20 56	4 03	12 07	
26.	p	330.	7 04	11 31	15 58	21,5	12,8	22 06	4 52	12 35	
27.	sz	331.	7 05	11 31	15 57	21,3	12,5	23 18	5 40	12 59	◑ 13 29
28.	v	332.	7 06	11 32	15 57	21,2	12,1	–	6 26	13 19	
		48. hét									
29.	h	333.	7 08	11 32	15 56	21,0	11,8	0 31	7 12	13 38	
30.	k	334.	7 09	11 32	15 55	20,8	11,4	1 47	7 59	13 58	

November

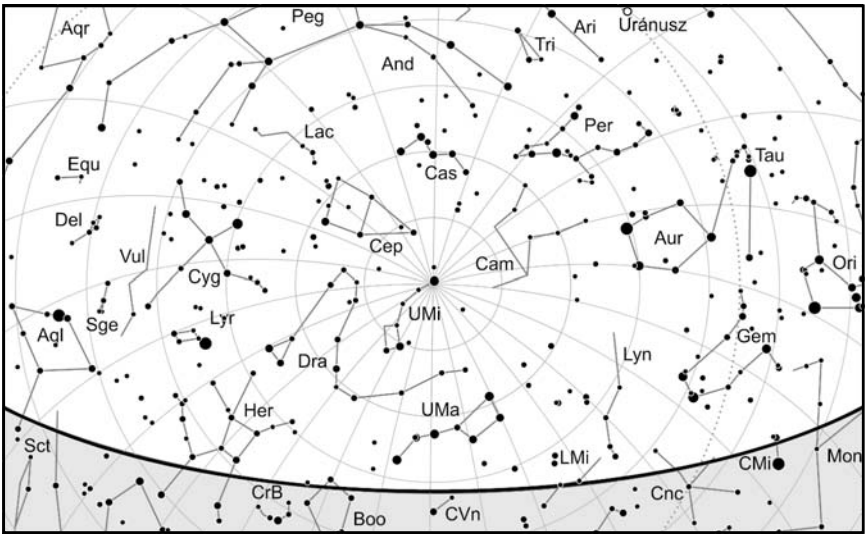
nap	Julián dátum 12^h UT	θ_{gr} 0^h UT h m s	névnapok
44. hét			
1.	2 459 520	2 42 01	*Mindenszentek*; Marianna, Benigna
2.	2 459 521	2 45 58	Achilles, Viktor
3.	2 459 522	2 49 54	Győző, Bálint, Ida, Szilvia, Valentin
4.	2 459 523	2 53 51	Károly, Karola, Karolina, Sarolta
5.	2 459 524	2 57 47	Imre
6.	2 459 525	3 01 44	Lénárd
7.	2 459 526	3 05 41	Rezső, Ernő, Karina, Rudolf
45. hét			
8.	2 459 527	3 09 37	Zsombor, Kolos
9.	2 459 528	3 13 34	Tivadar, Tihamér
10.	2 459 529	3 17 30	Réka, András, Ariel, Tünde
11.	2 459 530	3 21 27	Márton, Martin
12.	2 459 531	3 25 23	Jónás, Renátó, Emil, Krisztián, Levente, Tihamér
13.	2 459 532	3 29 20	Szilvia, Jenő, Miklós
14.	2 459 533	3 33 16	Aliz, Klementina, Vanda
46. hét			
15.	2 459 534	3 37 13	Albert, Lipót, Dezső, Richárd
16.	2 459 535	3 41 10	Ödön, Ágnes, Alfréd, Gertrúd, Margit, Péter
17.	2 459 536	3 45 06	Hortenzia, Gergő, Ede, Gergely, György, Hilda, Ildikó
18.	2 459 537	3 49 03	Jenő, Jolán, Ottó, Péter
19.	2 459 538	3 52 59	Erzsébet
20.	2 459 539	3 56 56	Jolán, Amália, Ödön, Zoltán, Zsolt
21.	2 459 540	4 00 52	Olivér, Amália, Mária
47. hét			
22.	2 459 541	4 04 49	Cecília, Csilla, Mária
23.	2 459 542	4 08 45	Kelemen, Klementina, Dániel
24.	2 459 543	4 12 42	Emma, Flóra, János, Virág
25.	2 459 544	4 16 39	Katalin, Karina, Katarina, Katica, Katinka, Kitti, Liza
26.	2 459 545	4 20 35	Virág, Lénárd, Péter, Szilveszter
27.	2 459 546	4 24 32	Virgil, Jakab
28.	2 459 547	4 28 28	Stefánia, Jakab
48. hét			
29.	2 459 548	4 32 25	Taksony
30.	2 459 549	4 36 21	András, Andor, Amália, Endre



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

Bolygók

Merkúr: A hónap első felében van megfigyelésre kedvező helyzetben, 1-én másfél órával kel a Nap előtt. Láthatósága azonban fokozatosan romlik, 15-én már csak negyven perccel kel korábban, mint a Nap, ezután elvész a hajnalpír fényében. 29-én felső együttállásban van a Nappal.
Vénusz: Ragyogó fehér fényű égitestként látszik a délnyugati égbolton. Láthatósága tovább javul, a hónap elején két, a végén két és fél órával nyugszik a Nap után. Egyre feltűnőbb, fényessége -4,5^m-ról -4,9^m-ra, átmérője 25,3″-ről 38,2″-re nő, fázisa 0,49-ról 0,3-re csökken.
Mars: Előretartó mozgást végez a Szűz, majd 11-étől a Mérleg csillagképben. A hónap második felében már kereshető napkelte előtt a délkeleti ég alján. Fényessége 1,5^m, látszó átmérője, 3,6″-ről 3,8″-re nő.
Jupiter: Előretartó mozgást végez a Bak csillagképben. A hónap folyamán napnyugta után kereshető a délnyugati látóhatár közelében, éjfél után nyugszik. Fényessége -2,4^m, átmérője 40″.
Szaturnusz: Előretartó mozgást végez a Bak csillagképben. A délnyugati égen látható az éjszaka első felében, éjfél előtt nyugszik. Fényessége 0,7^m, átmérője 16″.
Uránusz: Egész éjszaka jól megfigyelhető, folytatja hátráló mozgását a Kos csillagképben. 4-én szembenállásban van a Nappal.
Neptunusz: Az éjszaka első felében figyelhető meg a Vízöntő csillagképben. Éjfél körül nyugszik. Hátráló mozgása egyre lassul, a hónap végére szinte megáll.

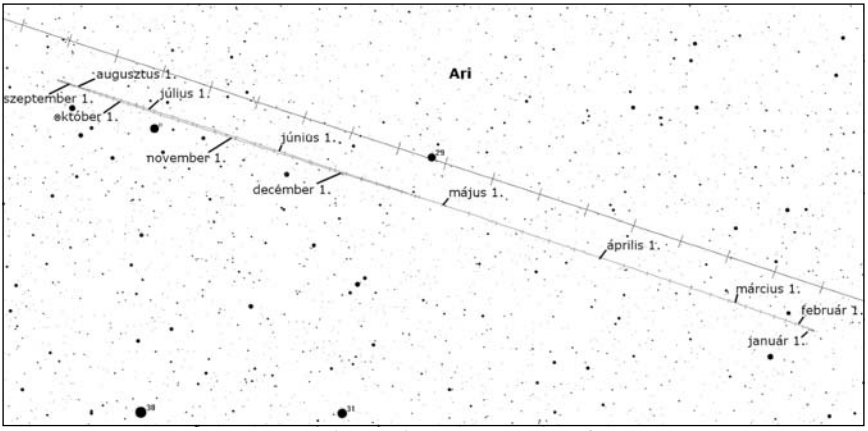


Az északi égbolt november 15-én 20:00-kor (UT)

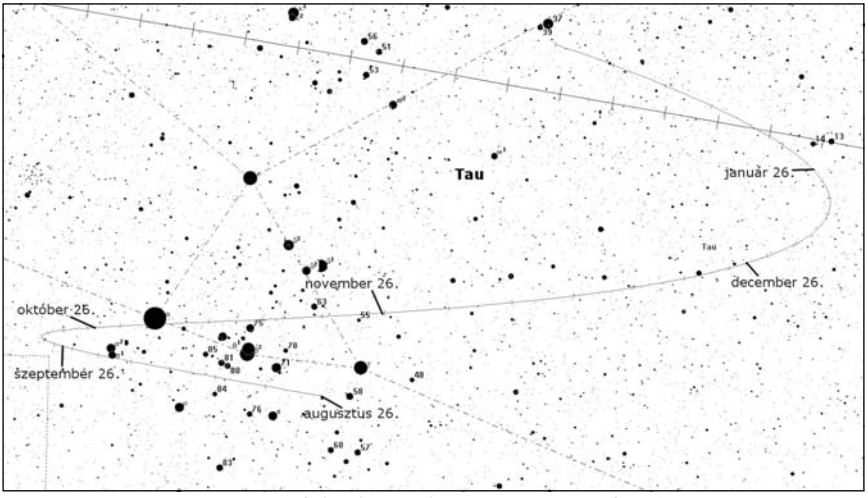
Eseménynaptár (UT)

Dátum	Idő	Esemény
11.01	17:37	a (3) Juno kisbolygó (11,3 magnitúdós) 12'-cel délre látható az o Ser-től (4,2 magnitúdós)
11.03	03:43	az (1) Ceres törpebolygó (7,6 magnitúdós) 7'-cel délre látható az Aldebarantól α Tau, 0,9 magnitúdós)
11.03	21:20	a (7) Iris kisbolygó (9,1 magnitúdós) 7'-cel délre látható a 85 Gem-től (5,4 magnitúdós)
11.04	04:56	16 óra 19 perces holdsarló 4,5° magasan a reggeli égen (a Merkúrtól 6,1°-ra keletre, a Marstól 1,7°-ra ÉK-re)
11.04	23:58	az Uránusz oppozícióban a Kos csillagképben (5,6 magnitúdós, 3,8" átmérő)
11.05	22:11	a Hold földközelben (358 852 km, látszó átmérő: 33'16", 1,6%-os, növekvő holdfázis)
11.06	01:16	a Hold minimális librációja (l = 0,20°, b = -0,20°, 2,0%-os, növekvő holdfázis)
11.06	15:53	a Vénusz eléri legkisebb deklinációját -27° 15'-nél a Nyilas csillagképben
11.09	19:31	a (2) Pallas kisbolygó (9,6 magnitúdós) 1'-cel nyugatra látható az NGC 7371 galaxistól (11,5 magnitúdós) a Vízöntő csillagképben
11.10	05:05	a Merkúr és a Mars 1,0°-os közelsége a hajnali szürkületben a Szűz csillagképben
11.10	18:16	a Szaturnusz 4,8°-ra ÉNy-ra látható a 41,7%-os, növekvő fázisú Holdtól a Bak csillagképben
11.11	20:25	a Jupiter 4,7°-ra ÉNy-ra látható az 53,6%-os, növekvő fázisú Holdtól a Bak csillagképben

Dátum	Idő	Esemény
11.12	12:59	a Hold maximális librációja (l = 7,26°, b = 6,82°, 60,8%-os, növekvő holdfázis)
11.12	21:06	az (1) Ceres törpebolygó (7,4 magnitúdós) 9'-cel északra látható a 75 Tau-tól (5,0 magnitúdós)
11.12		Az Északi Tauridák meteorraj maximuma (ZHR = 5)
11.13	23:02	a Neptunusz 4,3°-ra ÉNy-ra látható a 74,6%-os, növekvő fázisú Holdtól a Vízöntő csillagképben
11.14	03:43	a (10) Hygiea kisbolygó (11,3 magnitúdós) 8'-cel ÉK-re látható az NGC 4699 galaxistól (10,8 magnitúdós) a Szűz csillagképben
11.14	03:57	az (1) Ceres törpebolygó (9,3 magnitúdós) 32'-cel északra látható a Hyadok nyílthalmaztól (Mel 25, 0,5 magnitúdós) a Bika csillagképben
11.16	16:17	a Vénusztól 14,7'-cel ÉK-re látható a ρ Sgr (2,1 magnitúdós) az esti szürkületben
11.16	16:19	a Vénusztól 26,6'-cel keletre látható a ϕ Sgr (3,2 magnitúdós) az esti szürkületben
11.17	22:51	a (20) Massalia kisbolygó (10,4 magnitúdós) 5'-cel északra látható a π^2 Cnc-től (5,4 magnitúdós)
11.18	03:34	az Uránusz 1,8°-ra északra látható a 98,6%-os, növekvő fázisú Holdtól a Kos csillagképben
11.18	04:02	az (1) Ceres törpebolygó (7,2 magnitúdós) 12'-cel délre látható a 63 Tau-tól (5,6 magnitúdós)
11.20	03:51	a Hold minimális librációja (l = 0,59°, b = -0,59°, 99,5%-os, csökkenő holdfázis)
11.20	23:25	a 97,7%-os, csökkenő fázisú holdkorong peremétől 4' 1"-re északra látható a 99 Tauri (5,8 magnitúdós)
11.21	01:58	a Hold földtávolban (406 267 km, látszó átmérő: 29'24", 97,4%-os, csökkenő holdfázis)
11.21	23:11	az (1) Ceres törpebolygó (7,1 magnitúdós) 7'-cel északra látható az 55 Tau-tól (6,9 magnitúdós)
11.22	04:13	a 93,2%-os, csökkenő fázisú holdkorong peremétől 9' 59"-re északra látható a 139 Tauri (4,8 magnitúdós)
11.23	04:48	a Hold súrolva fedi a ZC 1049-et a déli pereme mentén (6,8 magnitúdós, 88%-os, csökkenő holdfázis) az Ikrek csillagképben
11.25	23:32	a (85) Io kisbolygó oppozícióban (11,1 magnitúdós, Bika csillagkép)
11.27	04:13	a (10) Hygiea kisbolygó (11,3 magnitúdós) 12'-cel ÉNy-ra látható a 49 Vir-től (5,2 magnitúdós)
11.27	07:55	az (1) Ceres törpebolygó oppozícióban (7,2 magnitúdós, Bika csillagkép)
11.27	18:34	a Hold maximális librációja (l = -7,50°, b = -6,80°, 47,5%-os, csökkenő holdfázis)
11.29	20:16	a 104P/Kowal üstökös 49'-cel északra látható a σ Aqr-től (4,8 magnitúdós)
11.29	21:04	a (2) Pallas kisbolygó (9,8 magnitúdós) 4'-cel nyugatra látható a 75 Aqr-tól (6,9 magnitúdós)



Az Uránusz keresőtérképe (oppozíció: november 4.)



A Ceres törpebolygó keresőtérképe (oppozíció: november 14.)

Részleges holdfogyatkozás november 19-én

Ősz végén kezdetét veszi az újabb fogyatkozási szezon. Az idei harmadik fogyatkozás egy nagymértékű részleges holdfogyatkozás. Sajnos ez sem lesz látható Magyarországról. A teljes esemény végig követhető Észak-Amerikából és a Csendes-óceán nagy részéről, illetve Kelet-Szibériából. Ausztrália és Új-Zéland, Délkelet-Ázsia szigetvilága, a Távol-Kelet lakossága számára a Hold felkeltekor már kisebb-nagyobb részben fedésben van, míg Közép- és Dél-Amerikából nézve égi kísérőnk a fogyatkozás közben nyugszik.

A félárnyék 6:02:09-kor érinti a holdkorong északkeleti szélét, de a gyenge kontraszt miatt ennek első jelét csak 6:30 után lehet ténylegesen észrevenni egy halvány szürkés-barnás homály formájában. Az árnyék, amelynek megjelenésére 7:18:41-ig kell várni, lassan takarja be a Holdat, de nem teljesen, mert a holdkorong déli-délkeleti sarka kilóg az árnyékból. A fogyatkozás maximuma 9:02:53-kor következik be, majd az árnyék lassan levonul a holdkorongról. Másfél órára van szükség, hogy teljesen elhagyja azt, a részleges fázisnak 10:47:04-kor van vége. A félárnyék okozta gyenge elsötétedés még sokáig látható, de 11:30 után már csak a legjobb szemű észlelők sejthetik a jelenlétét. A félárnyék 12:03:38-kor hagyja el végleg a Hold felszínét.

A holdfogyatkozás maximuma pillanatában az umbrális magnitúdó 0,9742, tehát csak egészen kevés hiányzik a teljességhez. A fogyatkozás részleges fázisa 3 óra 28 perc 23 másodperc hosszan tart. A fogyatkozás teljes időtartama 6 óra 1 perc 29 másodperc. A penumbrális magnitúdó 2,072. A Hold látszó átmérője kisebb az átlagosnál, 29,48′, mivel majdnem két nap múlva lesz földtávolban. Az umbra átmérője 1,2868°, a félárnyéké 2,3658°. A félárnyék gyűrűje így 32,37′ vastag, a holdkorong bővel elfér benne. Ennek a holdfogyatkozásnak – ellentétben a május végi eseménnyel – van tisztán félárnyékos szakasza.

Ez az esemény a 126-os Szárosz-család 46. holdfogyatkozása a 72-ből, és már nem ad több teljes holdfogyatkozást, erre legutóbb 2003. november 9-én került sor.

Csillagfedések

dátum		UT			J	csillag No		Hold	Nap	Hold	pozíció		korrekció	
hó	nap	h	m	s			m_v	fázis	h	h	CA	PA	a	b
11	1	1	13	31,5	R	1647	6,7	18-		5	82S	289	+0,0	+0,9
11	1	2	54	57,4	r	118843	8,5	18-		21	69N	319	+0,5	-0,2
11	1	3	25	9,8	r	118854	8,9	18-		26	69S	276	+0,8	+1,3
11	1	3	32	45,0	R	1659	6,7	18-		27	79S	286	+0,8	+0,9
11	1	4	37	54,9	r	118880	8,3	17-	-9	37	68N	319	+0,9	-0,6
11	10	16	55	56,2	d	3032	7,5	41+		18	58N	44	+1,1	+0,4
11	13	20	42	22,7	D	3458	6,2	73+		27	54N	28	+0,6	+0,9
11	14	19	59	47,0	d	25	7,4	81+		38	42N	14	+0,5	+1,9
11	15	23	53	5,2	d	109653	7,2	89+		24	70S	82	+0,9	-1,2
11	16	23	35	15,7	d	269	7,0	95+		37	89S	64	+1,2	-0,3
11	20	21	1	7,3	R	734	6,6	98-		51	90N	261	+1,2	+1,5
11	21	4	22	14,1	r	76952	7,2	97-		32	61S	233	+0,9	-0,3
11	21	21	2	38,3	r	77513	7,5	94-		44	73S	248	+0,7	+2,0
11	23	4	38	27,5	r	1046	7,0	88-		47	49S	231	+1,8	+0,3
11	23	4	53	32	r	1049	6,8	88-	-11	44	16S	198	+9,9	+9,9
11	25	22	57	40,3	r	80764	7,8	65-		27	85S	282	+0,5	+1,1
11	26	1	18	31,0	r	1390	7,7	64-		49	81N	296	+1,4	+0,1
11	26	21	43	20,3	R	1484	3,5	56-		5	88N	293	-0,1	+0,8
11	27	1	36	28,5	R	1499	7,1	54-		42	77S	277	+1,2	+1,0
11	27	23	16	3,1	r	1598	6,5	45-		8	86N	297	+0,1	+0,7
11	29	3	28	34,3	r	1725	7,6	33-		36	33N	353	+0,4	-2,4
11	29	5	17	4,1	r	119146	8,4	32-	-8	46	70N	315	+1,2	-1,0
11	30	3	35	15,6	r	138961	8,3	23-		25	45N	340	+0,4	-1,2

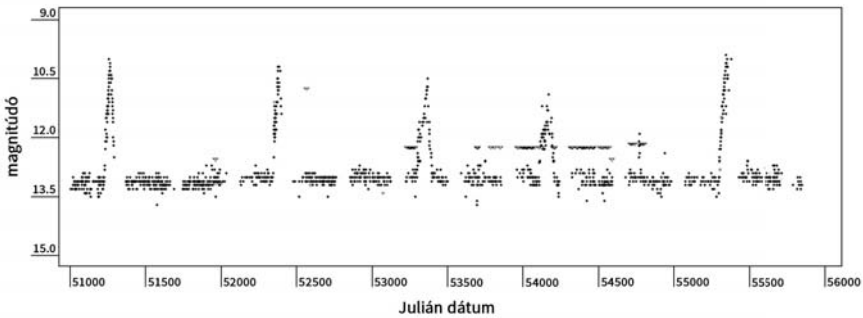
A GK Persei kitörései

A Nova Persei 1901 (GK Persei), a huszadik század első nóvája, a legfényesebb nóvák egyike volt. A mintegy 0,2 magnitúdót elérő kitörés igen gyorsan zajlott le, a 30 napig tartó kezdeti halványodás után a csillag félszabályos, gyors változásokat mutatott kb. 3 héten keresztül, majd lassan tovább halványodott.

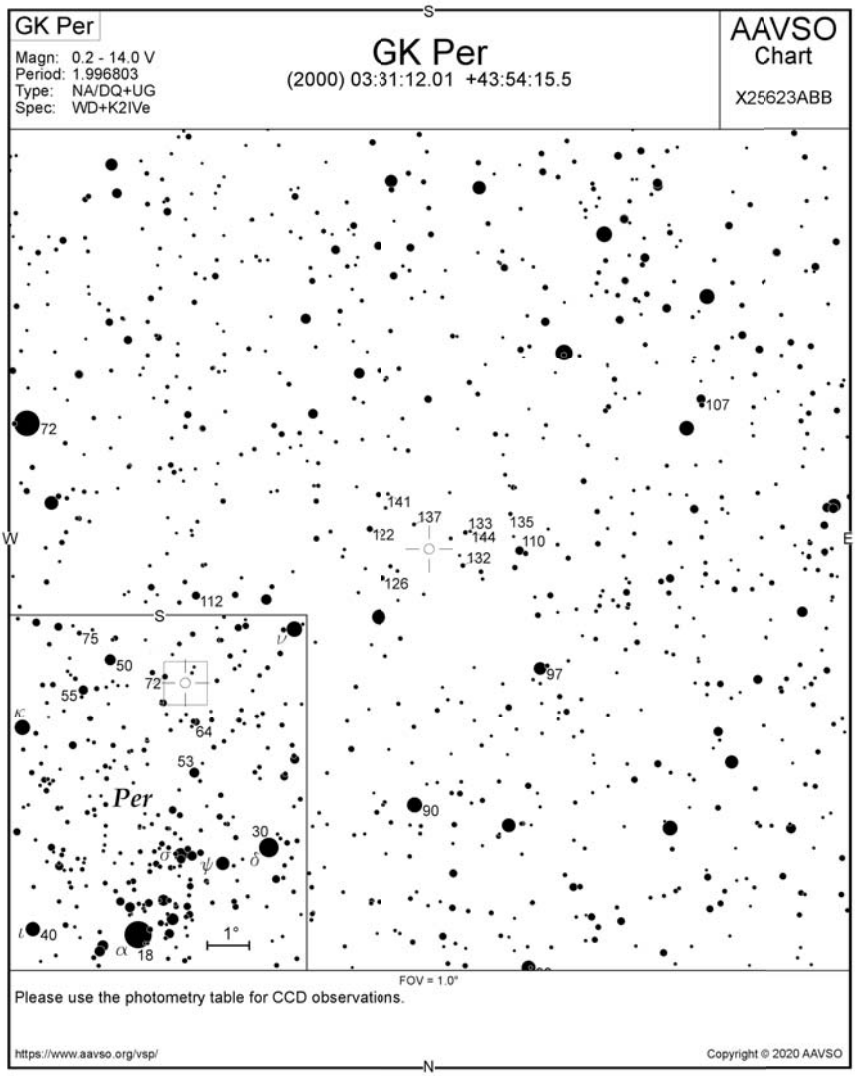
A nóvák szoros kettős rendszerek, amelyekben a kitörések a fehér törpe felszínén lejátszódó robbanásszerű nukleáris folyamatok eredményeképpen jönnek létre, és e folyamatokat a vörös törpéről átáramló anyag táplálja.

A csillagászok a nóvakitörés után visszfényjelenséget tapasztaltak, amit eddig csak nagyon kevés csillagnál, így pl. az 1572-ben feltűnt Tycho-féle szupernóvánál és az SN 1987A esetében észleltek, valamint a V838 Monocerotis emlékezetes, 2002-es kitörését követően figyelhettek meg. Visszfény akkor jelenik meg egy robbanó csillag körül, ha egy hozzá viszonylag közeli csillagközi porfelhőről visszaverődik az explózió fénye. A GK Per volt az első nóva, amelynél megfigyelték a kilövellt anyagfelhő héjainak időbeli fejlődését is (Ritchey, 1916). A héjakat sok hullámhosszon, többféle módszerrel is vizsgálták, pl. fényképezéssel, vizuálisan, vagy éppen ultraibolya spektroszkópiával. De a GK Persei robbanása után sok-sok évvel is tartogatott meglepetéseket: halványodása során felvett színképeiben nemcsak az [OIII] tiltott vonalait, hanem a [Ne III] szintén tiltott vonalait is megfigyelték. Így az ún. neon-nóvák csoportjába tartozik. A GK Persei az amatőrcsillagászok számára is izgalmas megfigyelési célpont. A nyugalomban 13^m körüli csillag az 1960-es évektől nem kevesebb mint húsz kisebb-nagyobb, tehát kb. 3 évente ismétlődő, törpenóva-szerű kitörést produkált, általában a 10^m-t is megközelítő, vagy azt kissé meghaladó maximális fényességgel. Legutóbbi, két hónapig tartó kitörése 2018 nyarán kezdődött, így a 2021-es évben újabb felfénylése várható.

A GK Persei 1901-es kitörését a 150 évvel ezelőtt született William Wright is behatóan tanulmányozta – életútjáról az e havi évfordulóknál olvashatunk.



A GK Persei kitörései 2011-től napjainkig az MCSE Változócsillag Szakcsoport észlelései alapján.


GK Per
Magn: 0.2 - 14.0 V
Period: 1.996803
Type: NA/DQ+UG
Spec: WD+K2IVe
GK Per
(2000) 03:31:12.01 +43:54:15.5
AAVSO
Chart
X25623ABB
S
W
E
N
72
107
141
137
133
135
122
144
110
132
126
112
97
90
75
50
55
64
53
Per
30
40
18
1°
FOV = 1.0°
Please use the photometry table for CCD observations.
https://www.aavso.org/vsp/
Copyright © 2020 AAVSO

A J. Herschel-kráter

A J. Herschel-kráter Nagy Róbert 2019. szeptember 10-én, saját készítésű 200/1200-as Newton-reflektorával készített felvételén

Hatalmas mérete ellenére kevesen ismerik, és még kevesebben észlelik a J. Herschel-krátert. Ennek oka csak részben a kráter holdrajzi elhelyezkedése, mert igaz, hogy a holdkorong északnyugati pereméhez közel fekszik (szelenografikus koordinátái: északi szélesség 62,1°, nyugati hosszúság 41,2°), aminek következtében az alakja erősen elliptikus, de a kráter egésze még mindig kiválóan megfigyelhető. Az igazi ok magában a kráterben keresendő. És nem csak a J. Herschel, de legalább fél tucat másik, hasonlóan nagy, sekély, szinte teljesen feltöltött aljú krátert találunk a Hold északi pólusához közel, amelyek elkerülik az észlelők figyelmét. Hasonlítsuk össze a déli pólus és az északi pólus közelében fekvő krátereket. A Hold déli krátermezejének kráterei mélyek és markánsak még akkor is, ha pre-nectari korúak (idősebbek 3,92 milliárd évnél). Gondoljunk csak a Claviusra vagy a Newtonra. Ezzel szemben az északi pólus környéki kráterek többsége sekély, a peremük még éppen látszik, a krátertalaj feltöltött és sima. A fő különbség a két terület között az, hogy míg a déli krátermezőt elkerülte egy közeli becsapódási medence keletkezésével járó romboló hatás, addig az északi kráterek elszenvedték a 3,85 milliárd évvel ezelőtt, a Mare Imbriumnak otthont adó Imbrium-medence születését. A hatalmas robbanás során kirepült, majd a felszínre visszahullott törmelék részben vagy egészben lerombolta, átalakította és befedte az útjába kerülő krátereket. Az északi kráterek közül a J. Herschel még egészen jól megúszta, de például a W. Bond vagy a Meton már alig nevezhető igazi kráternek. A J. Herschel átmérője

156 km, de átlagos mélysége mindössze 1000 méter. Ha kráter közepén állnánk, a felszín természetes görbülete miatt a sáncból nem láthatnánk semmit sem, így aztán nem is lenne olyan érzésünk, hogy egy kráterben vagyunk. A J. Herschel talaja nem sima és egyenletes, mint például a fentebb említett W. Bond- és Meton-kráterekénél, hanem durva és darabos, több kisebb méretű másodlagos kráterrel. Ezek közül a 12 km-es C és a 8 km-es K már egy kisebb távcsővel is megfigyelhető. A kráterfalak alacsonyak és töredezettek, de nem hiányosak, vagyis az egész krátert körbeveszik. Ha figyelmesen megnézzük, a sánc jól láthatóan lekerekített, sehol nem látható egy éles perem. A J. Herschel déli sáncára telepedett a 24 km-es Horrebow-kráter. Valójában ez egy érdekes kettős kráter, maga a Horrebow részben elfedi a valamivel kisebb Horrebow A-krátert. A J. Herschel kráter megfigyelésére a 10-11 napos holdkorong a legalkalmasabb.

A 67P/Churyumov–Gerasimenko-üstökös

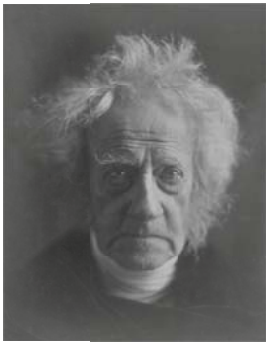
2014 augusztusában az ESA Rosetta-szondája megközelítette, és pályára állt az üstökös körül, majd a Philae leszállóegység – igaz, nem pontosan a terveknek megfelelően – leszállást hajtott végre az üstökös magján. A kométa jelenleg a Jupiter üstököscsaládjába tartozik, de valószínűleg a Kuiper-övben keletkezett, majd befelé vándorlása során érte el jelenlegi pályáját, ahol a mintegy 4,1×4,3 km-es magú üstökös 6,45 év periódussal kering a Nap körül. Az üstököst 1969-ben fedezte fel Klim Ivanovics Csurjumov (Kijevi Egyetem) a Solá-üstökösről Szvetlana Ivanova Geraszimenko által az Alma-Ata-i Asztrofizikai Intézetben készített felvételen. A felvételekről immár közismert, anyaghíddal összekapcsolódó két fő tömegből álló mag valószínűleg a két test kis sebességű ütközése során keletkezett, valamikor a régmúltban. A Rosetta-szonda folyamatosan megfigyelte az üstökösmagot egészen a perihélium-átmenetig, majd azon is túl, a Naptól való távolodása során. Fényessége elérheti a 8 magnitúdót a perihélium közelében. A korábbi közelítések adatai alapján úgy tűnik, hogy abszolút fényessége magasabb, amikor a perihéliumpont közelebb esik a Naphoz, mint ez idén történni fog. Megfigyelésére a hajnali égbolt lesz alkalmas az év második felében, ősztől pedig, már az esti égen, akár nagyobb binokulárokkal is észlelhető.

dátum	RA	Dec	Δ	r	fényesség
01.01	19h 28'05.3"	-24°49'21"	4.179	3.215	19.2
01.11	19h 42'55.4"	-24°15'44"	4.130	3.150	19.1
01.21	19h 58'08.5"	-23°36'35"	4.063	3.084	18.9
01.31	20h 13'39.6"	-22°51'46"	3.978	3.017	18.8
02.10	20h 29'25.6"	-22°01'13"	3.877	2.948	18.6
02.20	20h 45'23.2"	-21°05'00"	3.760	2.879	18.5
03.02	21h 01'29.5"	-20°03'12"	3.629	2.809	18.3
03.12	21h 17'43.4"	-18°55'57"	3.486	2.737	18.1
03.22	21h 34'03.4"	-17°43'29"	3.331	2.665	17.9
04.01	21h 50'28.9"	-16°26'01"	3.167	2.591	17.6
04.11	22h 07'00.9"	-15°03'44"	2.995	2.517	17.4
04.21	22h 23'39.8"	-13°36'56"	2.817	2.441	17.1
05.01	22h 40'27.4"	-12°05'49"	2.636	2.365	16.8
05.11	22h 57'27.0"	-10°30'30"	2.452	2.288	16.5

dátum	RA	Dec	Δ	r	fényesség
05.21	23h 14'41.0"	-08°51'12"	2.267	2.210	16.2
05.31	23h 32'14.5"	-07°07'56"	2.084	2.131	15.9
06.10	23h 50'13.7"	-05°20'37"	1.903	2.052	15.5
06.20	00h 08'44.7"	-03°29'11"	1.727	1.973	15.1
06.30	00h 27'57.7"	-01°33'15"	1.557	1.894	14.7
07.10	00h 48'04.5"	+00°27'46"	1.395	1.816	14.3
07.20	01h 09'18.7"	+02°34'28"	1.241	1.738	13.9
07.30	01h 32'01.0"	+04°48'00"	1.098	1.662	13.4
08.09	01h 56'35.2"	+07°09'28"	0.966	1.588	12.9
08.19	02h 23'29.8"	+09°39'45"	0.846	1.517	12.4
08.29	02h 53'22.4"	+12°19'26"	0.740	1.450	12.0
09.08	03h 26'48.6"	+15°06'53"	0.649	1.389	11.5
09.18	04h 04'15.4"	+17°57'06"	0.574	1.334	11.0
09.28	04h 45'48.0"	+20°40'39"	0.515	1.287	10.7
10.08	05h 30'32.6"	+23°03'26"	0.471	1.251	10.3
10.18	06h 16'27.1"	+24°51'59"	0.442	1.225	10.1
10.28	07h 00'43.3"	+26°00'27"	0.426	1.212	10.0
11.07	07h 40'21.0"	+26°34'17"	0.419	1.212	9.9
11.17	08h 13'06.5"	+26°47'40"	0.419	1.225	10.0
11.27	08h 37'50.7"	+26°56'15"	0.423	1.250	10.1
12.07	08h 53'59.1"	+27°12'13"	0.432	1.287	10.3
12.17	09h 01'37.8"	+27°40'04"	0.446	1.333	10.5
12.27	09h 01'36.5"	+28°15'53"	0.466	1.388	10.8

Évfordulók

150 éve halt meg John Herschel



A Herschel-dinasztia középső generációjának tagja, (Sir) John Frederick William Herschel 1792. március 7-én született Slough-ban. Édesapja William Herschel, az Uránusz felfedezője, korának legnagyobb megfigyelő csillagásza volt. Fiai közül Alexander Stewart Herschel lett neves asztronómus.

John Herschel apja munkásságát folytatta, azaz nem a klasszszikus csillagászatot (asztrometria) művelte. Ködök és kettőscsillagok után kutatva először az északi égboltot vizsgálta át, majd elutazott Dél-Afrikába, hogy ott folytassa ugyanezt a programot. Fokvárosi észleléseinek eredménye egy vaskos kötet lett (*Results of Astronomical Observations Made During the Years 1834, 5, 6, 7, 8, At the Cape of Good Hope; Being the Completion of a Telescopic Survey of the Whole Surface of the Visible Heavens*, Commenced in 1825. London, 1847). Dél-afrikai tartózkodása alatt vette észre, hogy az η Carinae (akkori nevén η Argus) kifényesedett (Extract of a letter from Sir John Herschel to the President, giving an account of a remarkable increase of magnitude of the star η in the constellation Argo,

observed by him at the Cape, December 16-17, 1837, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society* 4, 121–122, 1838). A csillagászati megfigyeléseken kívül más okból is nevezetes ez az utazás: Richard Adams Locke amerikai újságíró nagy Hold-átverése neki tulajdonítja a holdlakók felfedezését (l. *Meteor* 2005. december).

Herschel 1842-ben publikált egy cikket a csillagképek megreformálásáról, mivel az akkori (és valamennyire a mostani) használat is sok hibára adhat okot. A csillagász amúgy is koordináták alapján keres egy csillagot, a csillagkép alakja teljesen érdektelen. Mellékelt is egy táblázatot a déli égbolt általa elképzelt reformjáról (On the Advantages to be attained by a Revision and Re-arrangement of the Constellations, with especial reference to those of the Southern Hemisphere, and on the Principles upon which such Re-arrangement ought to be conducted, *Memoirs of the Royal Astronomical Society* 12, 201–224).

A csillagászaton kívül fizikával, kémiával és matematikával is foglalkozott. Igen sikeres ismeretterjesztő könyveket írt, melyek közül az Outlines of Astronomy volt a legnépszerűbb, több kiadással (1849–1902). Ebben többek között érvelt a Julián-dátum használata mellett, sikerrel.

Herschelt számos társaság és akadémia – köztük a magyar is – tagjának választotta. 1871. november 5-én Collingwoodban bekövetkezett halála után Kondor Gusztáv mondott emlékbeszédet az Akadémián 1874. július 1-én (Emlékbeszéd Herschel János külső tag felett, *Értekezések a Mathemat. Tudományok Köréből* 3. kötet, 3. szám, 1874).

150 éve született William Wright

William Hammond Wright a 20. század első felének jelentős asztrofizikusa volt. 1871. november 4-én született San Franciscóban. Bár mérnökként szerzett BSc-fokozatot 1893-ban, mégis segédcsillagászként került 1897-ben a Lick Obszervatóriumba, és mindvégig ott is dolgozott. 1959. május 16-án halt meg San Joséban.

1903 és 1906 között Chilében tartózkodott, a Lick Obszervatórium déli megfigyelőállomása helyének kiválasztásában vett részt, és felügyelte az építését. Hazatérte után spektroszkópiával foglalkozott, eleinte nóvák (pl. Observations of the Spectrum of Nova Persei, *Astrophysical Journal* 14, 269-292, 1901, társszerző W. W. Campbell; The Spectrum of Nova Lacertae, *Publications of the Astronomical Society of the Pacific* 23, 50–52, 1911), majd utána gázködök színképét tanulmányozta (pl. The Wave-Lengths of the Nebular Lines and General Observations of the Spectra of the Gaseous Nebulae, *Publications of the Lick Observatory* 13, 191–266, 1918). 1924 és 1927 között hat színben fényképezte a bolygókat (pl. Photographs of Mars Made with Light of Different Colors, *Publications of the Astronomical Society of the Pacific* 36, 239–254, 1924). Élete végén az extragalaxisokhoz kötött koordináta-rendszer létrehozásán fáradozott, de ezt a munkát már nem tudta befejezni.

Wright 1935-től 1942-ig a Lick Obszervatórium igazgatója volt. Fiatalokat vett fel, és külföldi csillagászokat hívott meg (pl. Ejnar Hertzsprungot). Ezekkel az intézkedésekkel felfrissítette az intézet életét, növelte a produktivitást.

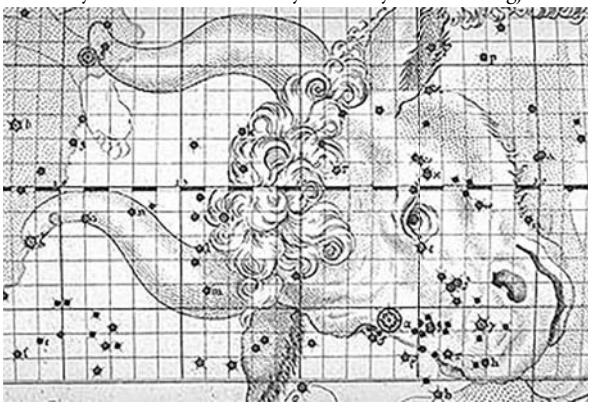
Több tudományos szervezet választotta tagjául: 1915-ben a Royal Astronomical Society és 1922-ben az amerikai National Academy of Sciences. 1928-ban megkapta a Henry Draper-érmet és a Párizsi Akadémia Janssen-érmét, míg a Royal Astronomical Society aranyérmét 1938-ban adományozták neki. A (1747) Wright kisbolygó az ő nevét őrzi.

250 éve halt meg John Bevis

John Bevis angol amatőr csillagász – eredeti foglalkozása orvos – 1695-ben született Angliában, egy jómódú családban. Egyetemi tanulmányait Oxfordban végezte, ott szerzett orvosi diplomát. 1771. november 6-án halt meg Londonban, a Nap delelésének megfigyelése közben elszenvedett balesetben.

Bevis Greenwichben összeismerkedett Halley-vel, és gyakran segített az észlelésekben. 1737. május 28-án a Merkúr Vénusz általi fedését figyelte meg, ami Greenwichben nem egyszerű tett, mivel a bolygók 2°-kal voltak a horizont fölött (Mercurius a Venere sublatus Maii 17. 1737. Grenovici in Observatorio Regio observatus, per J. Bevis, M. D., *Philosophical Transactions* 41, 630–632, 1740). 1731-ben felfedezte a Rák-ködöt, amelyet később Charles Messier M1-nek nevezett el. Bevis legjelentősebb vállalkozása egy csillagtérkép, az *Uranographia Britannica* volt. Ez azonban végül nem készült el, mivel a nyomda csődbe ment. A fennmaradt térképlapok alapján Bevis munkája Johann Bayer 1603-as Uranometriájának sokkal több csillagot tartalmazó, javított kiadása lett volna.

Számos megfigyelését publikálta a *Philosophical Transactions*ban. Fedések, átvonulások és hasonló, a korban gyakran megfigyelt jelenség beszámolói ezek. Ilyen például a Halley-vel megfigyelt Merkúr-átvonulásokról írt cikk: Epistola Johannes Bevis, M. D. ad Gul. Jones, Armig. R. S. S. de Transitibus Mercurii sub Sole, Oct. 31. 1736 & Oct. 25. 1743., *Philosophical Transactions* 42, 622–626, 1743. Az elsők között vette észre a Halley-üstökös 1759-ben bekövetkezett visszatértekor (An Account of the Comet seen in May 1759, *Philosophical Transactions* 51, 93–94, 1759). Eredményei elismeréseként a Royal Society 1765-ben tagjának választotta.



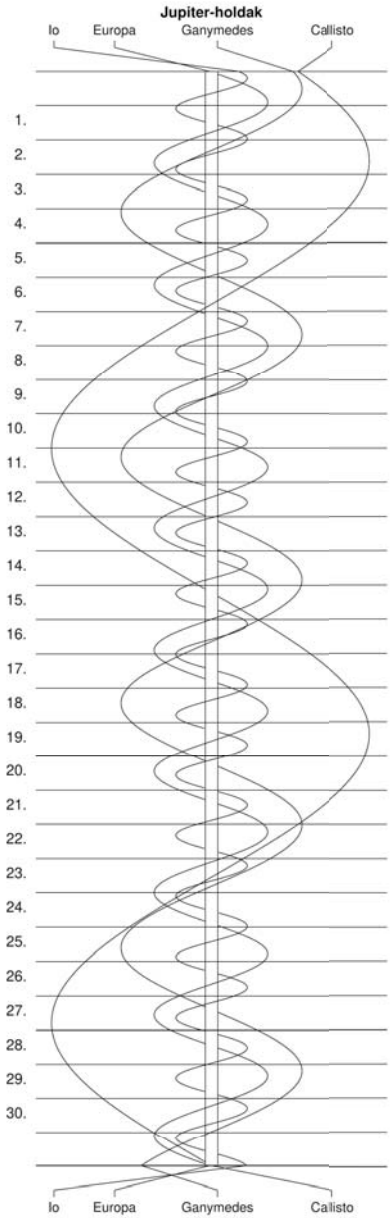
A Taurus csillagkép ábrázolása John Bevis térképén. (Forrás: Wikipédia)

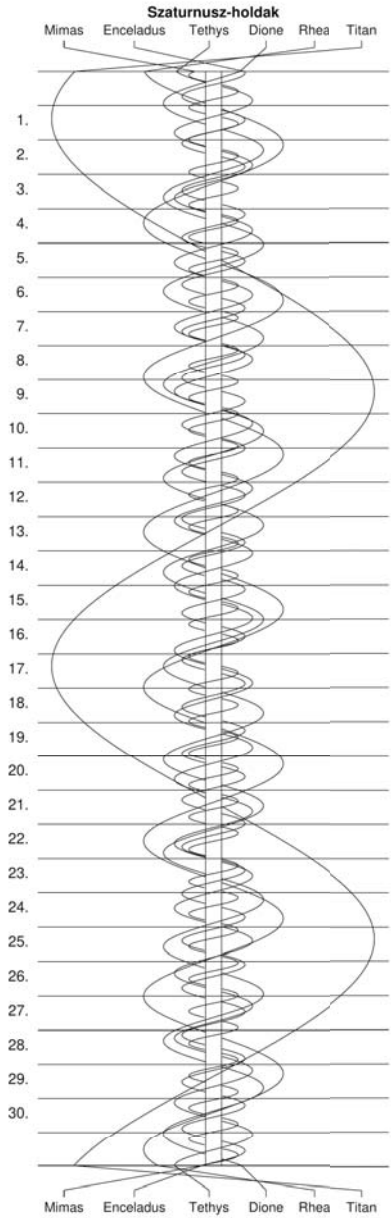
Jupiter-holdak

nap	UT h:m	hold	jelenség
1	17:12.7	Europa	ek
	19:48.6	Europa	ák
	20:02.0	Europa	ev
3	17:45.6	Europa	fv
5	19:34.1	Ganymedes	mk
	21:42.0	Io	ek
6	16:39.9	Callisto	ek
	18:49.6	Io	mk
	21:15.5	Callisto	ev
7	16:10.7	Io	ek
	17:30.0	Io	ák
	18:27.8	Io	ev
	19:46.5	Io	áv
8	16:55.9	Io	fv
	19:46.1	Europa	ek
9	18:35.6	Ganymedes	áv
10	20:23.2	Europa	fv
13	20:44.3	Io	mk
14	18:05.9	Io	ek
	19:25.8	Io	ák
	20:23.0	Io	ev
	21:42.2	Io	áv
15	15:41.8	Callisto	fk
	18:51.4	Io	fv
	19:57.6	Callisto	fv
16	16:11.1	Io	áv
	17:14.0	Ganymedes	ev

nap	UT h:m	hold	jelenség
16	19:06.0	Ganymedes	ák
17	17:26.9	Europa	mk
19	17:07.8	Europa	áv
21	20:02.2	Io	ek
22	17:09.2	Io	mk
	20:47.0	Io	fv
23	15:50.4	Io	ák
	16:48.4	Io	ev
	17:42.6	Ganymedes	ek
	18:06.8	Io	áv
24	20:06.7	Europa	mk
26	16:57.8	Europa	ák
	17:09.1	Europa	ev
	19:44.9	Europa	áv
27	16:36.8	Ganymedes	fv
29	19:06.3	Io	mk
30	16:28.7	Io	ek
	17:46.1	Io	ák
	18:45.7	Io	ev
	20:02.4	Io	áv

f = fogyatkozás: a hold a Jupiter árnyékában
á = átvonulás: a hold árnyéka a Jupiteren
e = előtte: a hold a Jupiter korongja előtt
m = mögötte: a hold a Jupiter korongja mögött
k = a jelenség kezdete
v = a jelenség vége


Jupiter-holdak
Io
Europa
Ganymedes
Callisto
1.
2.
3.
4.
5.
6.
7.
8.
9.
10.
11.
12.
13.
14.
15.
16.
17.
18.
19.
20.
21.
22.
23.
24.
25.
26.
27.
28.
29.
30.
Io
Europa
Ganymedes
Callisto


Szaturnusz-holdak
Mimas
Enceladus
Tethys
Dione
Rhea
Titan
1.
2.
3.
4.
5.
6.
7.
8.
9.
10.
11.
12.
13.
14.
15.
16.
17.
18.
19.
20.
21.
22.
23.
24.
25.
26.
27.
28.
29.
30.
Mimas
Enceladus
Tethys
Dione
Rhea
Titan

λ = 19°, φ = 47,5°

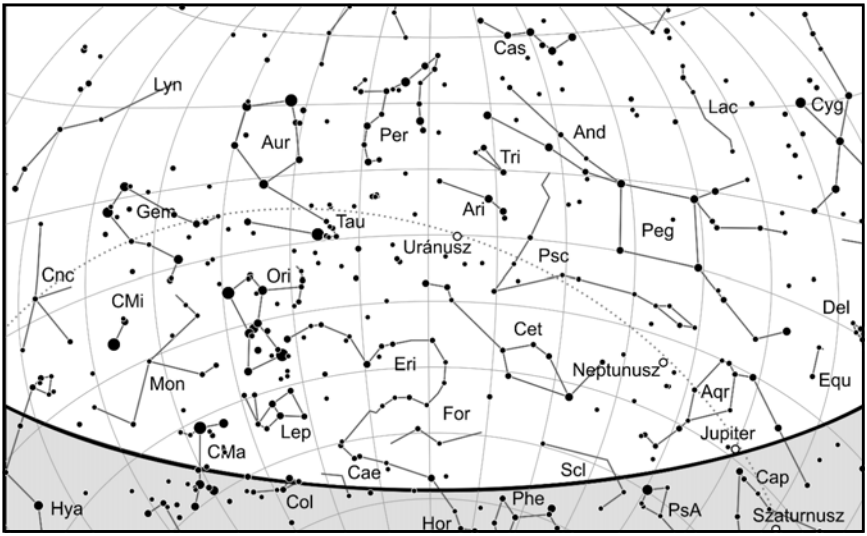
Kalendárium – december

KÖZEI

dátum			Nap kel, h m	Nap delel, h m	Nap nyugszik, h m	h_d °	E_t m	Hold kel, h m	Hold delel, h m	Hold nyugszik, h m		fázis h m
1.	sz	335.	7 10	11 33	15 55	20,7	11,1	3 05	8 49	14 18		
2.	cs	336.	7 11	11 33	15 55	20,5	10,7	4 28	9 42	14 43		
3.	p	337.	7 13	11 33	15 54	20,4	10,3	5 54	10 39	15 13		
4.	sz	338.	7 14	11 34	15 54	20,2	9,9	7 21	11 41	15 53	●	8 44
5.	v	339.	7 15	11 34	15 54	20,1	9,5	8 44	12 46	16 46		
		49. hét										
6.	h	340.	7 16	11 35	15 53	20,0	9,1	9 53	13 52	17 54		
7.	k	341.	7 17	11 35	15 53	19,9	8,7	10 47	14 56	19 10		
8.	sz	342.	7 18	11 36	15 53	19,8	8,2	11 27	15 54	20 30		
9.	cs	343.	7 19	11 36	15 53	19,7	7,8	11 57	16 47	21 48		
10.	p	344.	7 20	11 36	15 53	19,6	7,3	12 20	17 35	23 02		
11.	sz	345.	7 21	11 37	15 53	19,5	6,9	12 39	18 20	–	◐	2 37
12.	v	346.	7 22	11 37	15 53	19,4	6,4	12 57	19 02	0 13		
		50. hét										
13.	h	347.	7 23	11 38	15 53	19,4	5,9	13 13	19 44	1 21		
14.	k	348.	7 24	11 38	15 53	19,3	5,5	13 31	20 25	2 28		
15.	sz	349.	7 24	11 39	15 53	19,3	5,0	13 49	21 08	3 34		
16.	cs	350.	7 25	11 39	15 53	19,2	4,5	14 11	21 53	4 40		
17.	p	351.	7 26	11 40	15 54	19,2	4,0	14 38	22 39	5 47		
18.	sz	352.	7 26	11 40	15 54	19,1	3,5	15 11	23 28	6 52		
19.	v	353.	7 27	11 41	15 54	19,1	3,0	15 52	–	7 52	○	5 37
		51. hét										
20.	h	354.	7 28	11 41	15 55	19,1	2,5	16 43	0 19	8 46		
21.	k	355.	7 28	11 42	15 55	19,1	2,1	17 42	1 10	9 32		
22.	sz	356.	7 29	11 42	15 56	19,1	1,6	18 47	2 00	10 09		
23.	cs	357.	7 29	11 43	15 56	19,1	1,1	19 55	2 49	10 38		
24.	p	358.	7 30	11 43	15 57	19,1	0,6	21 06	3 36	11 03		
25.	sz	359.	7 30	11 44	15 58	19,2	0,1	22 17	4 22	11 24		
26.	v	360.	7 30	11 44	15 58	19,2	-0,4	23 29	5 07	11 43		
		52. hét										
27.	h	361.	7 30	11 45	15 59	19,2	-0,9	–	5 52	12 01	◑	3 26
28.	k	362.	7 31	11 45	16 00	19,3	-1,4	0 43	6 38	12 20		
29.	sz	363.	7 31	11 46	16 01	19,3	-1,9	2 01	7 27	12 42		
30.	cs	364.	7 31	11 46	16 02	19,4	-2,4	3 22	8 20	13 08		
31.	p	365.	7 31	11 47	16 03	19,5	-2,9	4 47	9 19	13 42		

December

nap	Julián dátum 12^h UT	θ_{gr} 0^h UT h m s	névnapok
1.	2 459 550	4 40 18	Elza, Arnold, Blanka, Ede, Natália, Natasa, Oszkár
2.	2 459 551	4 44 14	Melinda, Vivien, Aranka, Aurélia, Dénes
3.	2 459 552	4 48 11	Ferenc, Olívia
4.	2 459 553	4 52 08	Borbála, Barbara, Boróka, Péter
5.	2 459 554	4 56 04	Vilma, Ábel, Csaba, Csanád, Dalma
49. hét			
6.	2 459 555	5 00 01	Miklós, Nikolett, Nikoletta
7.	2 459 556	5 03 57	Ambrus
8.	2 459 557	5 07 54	Mária, Emőke, Mátyás
9.	2 459 558	5 11 50	Natália, Ábel, Georgina, György, Györgyi, Péter, Valéria
10.	2 459 559	5 15 47	Judit, Lívia, Loretta
11.	2 459 560	5 19 43	Árpád, Dániel
12.	2 459 561	5 23 40	Gabriella, Franciska, Johanna
50. hét			
13.	2 459 562	5 27 37	Luca, Otília, Éda, Elza, Lúcia
14.	2 459 563	5 31 33	Szilárda
15.	2 459 564	5 35 30	Valér, Dezső, Mária
16.	2 459 565	5 39 26	Etelka, Aletta, Alida, Beáta, Tihamér
17.	2 459 566	5 43 23	Lázár, Olimpia
18.	2 459 567	5 47 19	Auguszta, Dezső, Mária
19.	2 459 568	5 51 16	Viola
51. hét			
20.	2 459 569	5 55 12	Teofil, Ignác, Krisztián
21.	2 459 570	5 59 09	Tamás, Péter
22.	2 459 571	6 03 06	Zénó, Anikó
23.	2 459 572	6 07 02	Viktória
24.	2 459 573	6 10 59	Ádám, Éva, Adél, Alinka, Ervin, Hermina, Noémi
25.	2 459 574	6 14 55	*Karácsony*; Eugénia, Anasztázia
26.	2 459 575	6 18 52	*Karácsony*; István, Dénes, Előd, Stefánia
52. hét			
27.	2 459 576	6 22 48	János
28.	2 459 577	6 26 45	Kamilla, Ármin, Gáspár
29.	2 459 578	6 30 41	Tamás, Tamara, Dávid, Gáspár
30.	2 459 579	6 34 38	Dávid, Dénes, Hunor, Margit, Zalán
31.	2 459 580	6 38 35	Szilveszter, Darinka, Katalin, Kitti, Melánia



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

Bolygók

Merkúr: A hónap első felében a Nap közelsége és kedvezőtlen égi helyzete miatt nem figyelhető meg. Felkeresésére 20-ától van lehetőség, ekkor már bő fél órával a Nap után nyugszik. Láthatósága gyorsan javul, és 31-én már egy és negyed órával nyugszik később a Napnál, megfigyelésre nagyon kedvező helyzetbe kerül.

Vénusz: Továbbra is jól megfigyelhető az esti délnyugati égen. Legnagyobb fényességét 7-én éri el, ekkor a nappali égen is kereshető. Láthatósága a hónap utolsó harmadában gyorsan romlik. A hónap elején két és fél, a végén már csak egy és negyed órával nyugszik a Nap után. Fényessége -4,9^m-ról -4,3^m-ra, fázisa 0,3-ről 0,03-ra csökken, átmérője 38,8″-ről 60,5″-re nő.

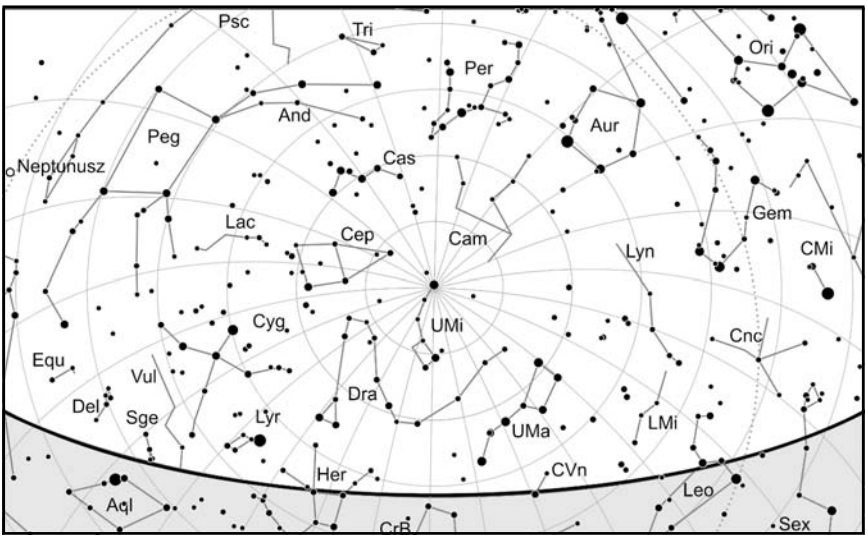
Mars: Előretartó mozgást végez a Mérleg, 15-étől a Skorpió, majd 24-étől a Kígyótartó csillagképben. Hajnalban kel, napkelte előtt látható a délkeleti ég alján. Vöröses fénye segít megtalálni. Fényessége 1,5^m, látszó átmérője 3,8″-ről 4,0″-re nő.

Jupiter: Előretartó mozgást végez a Bak, majd 14-étől a Vízöntő csillagképben. A napnyugtát követően a délnyugati látóhatár közelében látszik, megtalálásában erős sárgásfehér fénye segít. Késő este nyugszik. Fényessége -2,2^m, átmérője 37″.

Szaturnusz: Előretartó mozgást végez a Bak csillagképben. Napnyugta után a délnyugati ég alján kereshető, késő este nyugszik. Fényessége 0,8^m, átmérője 16″.

Uránusz: Az éjszaka nagyobb részében kereshető, hajnalban nyugszik. A Kos csillagképben végzett hátráló mozgása a hónap végére jelentősen lelassul.

Neptunusz: Az esti órákban figyelhető meg, Előretartó mozgást végez a Vízöntő csillagképben. Késő este nyugszik.



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

Eseménynaptár (UT)

Dátum	Idő	Esemény
12.02	16:49	a (6) Hebe kisbolygó (10,2 magnitúdós) 11'-cel délre látható a χ Cap-tól (5,3 magnitúdós)
12.03	05:34	a Mars 3,7°-ra nyugatra látható az 1,8%-os, csökkenő fázisú Holdtól a hajnali szürkületben a Mérleg csillagképben
12.03	05:34	26 óra 10 perces holdsarló 4,6° magasan a reggeli égen (a Marstól 3,6°-ra keletre)
12.04	01:33	a Hold minimális librációja (l = -0,72°, b = 0,81°, 0,1%-os, csökkenő holdfázis)
12.04	07:43	újhold (a Hold a Kígyótartó csillagképben, látszó átmérője 33' 29"), a 2021-es év legnagyobb újholdja
12.04	09:58	a Hold földközelben (356 795 km, látszó átmérő: 33'29", 0,0%-os, növekvő holdfázis)
12.05	09:22	a (106) Dione kisbolygó oppozícióban (11,2 magnitúdós, Bika csillagkép)
12.05	15:33	31 óra 49 perces holdsarló 1,2° magasan az esti égen (a Vénusztól 21°-ra nyugatra)
12.05	16:48	a (89) Julia kisbolygó (11,0 magnitúdós) 11'-cel DK-re látható a 30 Peg-től (5,4 magnitúdós)
12.09	02:06	a (42) Isis kisbolygó oppozícióban (11,0 magnitúdós, Bika csillagkép)
12.10	06:36	a Hold maximális librációja (l = 7,85°, b = 6,77°, 41,8%-os, növekvő holdfázis)
12.10	16:15	a (44) Nysa kisbolygó oppozícióban (8,9 magnitúdós, Bika csillagkép)
12.10		A Monocerotidák meteorraj maximuma (ZHR = 3)
12.11	04:26	a (10) Hygiea kisbolygó (11,3 magnitúdós) 9'-cel ÉNy-ra látható a 68 Vir-től (5,3 magnitúdós)

Dátum	Idő	Esemény
12.11	19:24	a Hold súrolva fedi a SAO 147033-at a déli pereme mentén (7,7 magnitúdós, 57%-os, növekvő holdfázis) a Halak csillagképben
12.13	17:49	a 75,7%-os, növekvő fázisú holdkorong peremétől 8' 6"-re ÉNy-ra látható a 95 Piscium (7,0 magnitúdós)
12.14	7:00	A Geminidák meteorraj maximuma (ZHR = 150)
12.15	01:26	az Uránusz 4,1°-ra ÉK-re látható a 85,6%-os, növekvő fázisú Holdtól a Kos csillagképben
12.15	16:49	a (6) Hebe kisbolygó (10,2 magnitúdós) 14'-cel keletre látható a 37 Cap-tól (5,7 magnitúdós)
12.16	23:06	a 95,7%-os, növekvő fázisú Holdtól 4,5° távolságra északra látható a Fiastyúk nyílthalmaz (M45, 3,1 magnitúdós) a Bika csillagképben
12.17	16:52	a 19P/Borrelly üstökös 39'-cel keletre látható a δ Scl-től (4,6 magnitúdós)
12.17	16:52	a 104P/Kowal üstökös 16'-cel délre látható a χ Aqr-tól (4,9 magnitúdós)
12.17	17:00	a Hold minimális librációja (l = 1,00°, b = -1,03°, 98,1%-os, növekvő holdfázis)
12.18	01:59	a Hold földtávolban (406 328 km, látszó átmérő: 29'24", 98,9%-os, növekvő holdfázis)
12.19	04:37	telehold (a Hold a Bika csillagképben, látszó átmérője 29' 26"), a 2021-es év legkisebb teleholdja
12.20	18:08	a (270) Anahita kisbolygó (11,4 magnitúdós) 27'-cel északra látható az M1 szupernóva-maradványtól (NGC 1952, 8,4 magnitúdós) a Bika csillagképben
12.21	04:33	a (15) Eunomia kisbolygó (11,2 magnitúdós) 10'-cel DNy-ra látható az 54 Vir-től (6,3 magnitúdós)
12.21	15:59	téli napforduló
12.24	18:59	a (32) Pomona kisbolygó oppozícióban (11,1 magnitúdós, Orion csillagkép)
12.24	23:07	a Hold súrolva fedi a ZC 1569-et a déli pereme mentén (6,9 magnitúdós, 71%-os, csökkenő holdfázis) az Oroszlán csillagképben
12.25	10:30	a Hold maximális librációja (l = -6,97°, b = -6,60°, 67,2%-os, csökkenő holdfázis)
12.25	17:02	a (40) Harmonia kisbolygó (11,2 magnitúdós) 1'-cel DK-re látható a 15 Cet-től (6,6 magnitúdós)
12.25	22:17	a (7) Iris kisbolygó (8,1 magnitúdós) 10'-cel északra látható az 1 Cnc-től (5,8 magnitúdós)
12.28	17:52	a 4P/Faye üstökös 27'-cel DNy-ra látható az NGC 2254 nyílthalmaztól (9,1 magnitúdós) az Egyszarvú csillagképben
12.29	07:51	a (22) Kalliope kisbolygó oppozícióban (10,2 magnitúdós, Szekeres csillagkép)
12.29	15:41	a Merkúr és a Vénusz 4,3°-os közelsége az esti szürkületben a Nyilas csillagképben

Együttállás

December 10-én este, 15:40 UT körül a szürkületben egyszerre figyelhetjük meg a Vénuszt, a Jupitert, a Szaturnuszt és a Holdat. Az égitestek egy nagy égi ív mentén, egymástól egyenlő távolságra, kb. 15 fokonként sorakoznak majd. A lenyűgöző bolygósorakozó az ezt megelőző és követő napokban is látható lesz. Legalacsonyabban, a horizont felett 10-12 fokkal, a -4,4 mag-

nitúdós Vénusz látszik, egyben ez lesz legnyugatabbra is. A Vénuszt a 20 fok magasan lévő, 0,9 magnitúdós Szaturnusz követi, majd 29 fok magasan a -1,8 magnitúdós Jupiter következik. A csaknem első negyedben lévő, 46%-os fázisú Hold 30 fok magasan zárja a sort keleten.

Teljes napfogyatkozás december 4-én

Az év utolsó fogyatkozása teljes napfogyatkozás, amely Magyarországról egyáltalán nem lesz látható. A teljesség sávja az Atlanti-óceán déli részétől az Antarktisz jégmezőin keresztül a Csendes-óceán legdélebbi vizein át húzódik.

A félárnyék 5:29:11-kor érinti az Atlanti-óceán vizeit Szent Ilona-szigetétől délre, 800 km-re. A Hold árnyékkúpja viszont csak 7:00:01-kor találkozik a vízfelszínnel, a Falkland-szigetektől 450 km-re keletre. A Hold 1 perc 30 másodpercig takarja a horizonton kelő Napot, az árnyék 450 km szélesen terül el, és 10 km/s sebességgel haladva gyorsan dél felé kanyarodik, a Weddell-tengeren át. Mielőtt elérné a Ronne-jégmezőt, 7:33:23-kor bekövetkezik a fogyatkozás maximuma. A Nap 17,2° magasan áll a látóhatár felett, a teljesség 1 perc 54 másodpercig tart, az árnyék elnyúlt oválisa 418 km széles, és 1 km/s sebességgel „cammog". Egy perccel később eléri a jégmezőt, és megkezdi az antarktiszi utazását, ami fél óráig sem tart. 8:01:08-kor kilép az Amundsen-tengerre. Ekkor a Nap már csak 6,9° magasan van a látóhatár felett, a teljes fázis hossza 1 perc 38 másodpercre csökkent, az árnyékkúp 422 km széles és 2,6 km/s sebességgel halad észak felé. 8:06:29-kor már el is hagyja a Csendes-óceán déli vizeit, 700 km-re a jégmezőktől. A lenyugvó Napot 1 perc 28 másodpercig takarja a Hold, az árnyék 416 km széles. A félárnyék csak 9:37:24-kor távozik a Föld felszínéről, 350 km-re délkeletre Tasmánia déli csücskétől.

A Nap–Hold páros a Skorpió felett tartózkodik – valójában éppen a Kígyótartóban halad – a Hold leszálló csomópontja közelében. A Nap egy hónap múlva lesz földközelben, látszó mérete nagyobb az átlagosnál, 32,45′. A Hold viszont a fogyatkozás végén kerül földközelbe, látszó átmérője idén a legnagyobb, 33,48′. A különbség több mint 1 ívperc, ami növelné a teljes napfogyatkozás hosszát, de az árnyék a sarkvidék környékére vetül, ez pedig rövidíti a totalitás időtartamát. Emiatt 2 percig sem tart a teljes fázis.

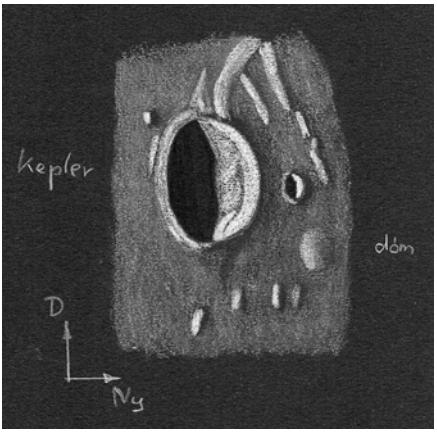
Ez a napfogyatkozás a 152-es Szárosz-sorozat 13. fogyatkozása a 70-ből.

Csillagfedések

dátum		UT			J	csillag No		Hold	Nap	Hold	pozíció		korrekció	
hó	nap	h	m	s			m_v	fázis	h	h	CA	PA	a	b
12	2	4	28	45,7	R	158645	8,2	6-		8	54N	327	+0,1	-0,3
12	7	16	21	36,4	d	189214	8,5	16+		11	82N	73	+1,1	-0,7
12	7	16	23	33,0	d	189215	8,5	16+		11	84S	87	+1,2	-0,9
12	8	18	14	8,4	d	190337	7,2	26+		9	57N	42	+0,4	-0,1
12	8	18	30	26,0	D	3141	5,8	26+		7	63S	102	+1,2	-1,7
12	9	17	7	18,0	d	3276	7,3	35+		24	57N	38	+0,9	+0,5
12	10	20	20	52,7	D	3413	6,1	47+		14	26N	3	-0,3	+2,0
12	11	18	1	51,4	D	3529	6,6	57+		36	88S	68	+1,6	+0,3

dátum		UT			J	csillag No		Hold	Nap	Hold	pozíció		korrekció	
hó	nap	h	m	s			m_v	fázis	h	h	CA	PA	a	b
12	11	19	5	8,8	d	147032	7,8	57+		32	44S	112	+2,6	-2,4
12	15	18	31	0,7	d	445	7,3	90+		52	60S	101	+2,2	+0,4
12	15	21	43	37,7	D	450	6,4	91+		53	59N	40	+1,3	+1,3
12	17	2	55	59,9	d	595	6,8	96+		16	74S	94	+0,0	-1,6
12	17	21	42	18,2	d	76720	7,0	99+		66	63N	57	+1,6	+1,4
12	17	21	45	12,6	d	X 32222	7,0	99+		66	60N	55	+1,6	+1,5
12	17	21	45	12,7	D	709	4,3	99+		66	60N	55	+1,6	+1,5
12	17	22	46	50,8	d	76729	6,9	99+		62	89N	84	+1,8	-0,3
12	17	23	7	17,4	r	709	4,3	99+		60	–83N	272	+1,8	-0,9
12	20	18	20	38,4	r	1094	7,1	98-		22	40N	317	+0,8	+0,1
12	24	23	15	7	r	1569	6,9	71-		29	16S	216	+0,9	+9,9
12	25	2	31	34,7	r	99317	8,1	70-		53	54S	254	+2,4	+1,4
12	27	1	8	11,9	r	1781	7,6	50-		24	43S	246	+1,3	+3,1
12	30	3	24	31,3	r	2149	7,8	18-		8	70N	306	+0,4	+0,4
12	31	4	51	41,0	r	2304	7,8	9-		8	86S	275	+0,9	+1,1
12	31	5	22	9,1	r	184125	7,8	9-	-11	11	76N	294	+0,8	+0,6

A Kepler-kráter



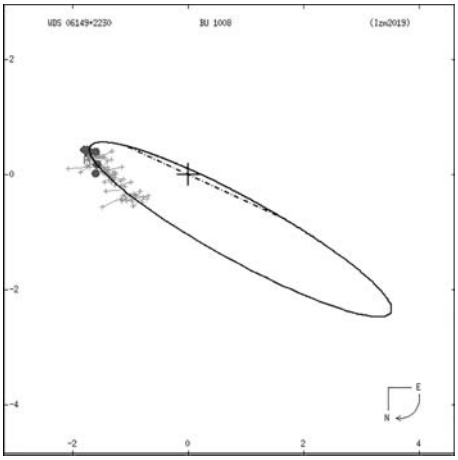
A Kepler-kráter Görgei Zoltán rajzán a Polaris Csillagvizsgáló 20 cm-es refraktorával, 2009. augusztus 31-én végzett megfigyelése alapján

A Kepler-kráter a tőle keletre fekvő Copernicushoz hasonlóan jól ismert és népszerű célpont. Magasabb napállásnál, amikor a terminátor már jóval túlhaladta a krátert, a Keplert körülvevő fényes sugársáv még szabad szemmel is megpillantható. A sugársávrendszere, valamint a fényes kráterbelső azonnal elárulja, hogy egy copernicusi korú kráterrel van dolgunk. Ez számszerűsítve azt jelenti, hogy a Kepler nem lehet idősebb egymilliárd évnél. A Kepler mindössze 32 km átmérőjű, 2570 méter mélységű komplex kráter. A sánc éles peremű, a talajon jókora csuszamlásokat fedezhetünk fel. Ezek még nem alkotnak összefüggő teraszokat, és a központi csúcs is nagyon kicsiny, így a Kepler inkább Triesnecker típusú, mint Tycho típusú kráter. A Kepler a Mare Insularum és az Oceanus Procellarum határán fekszik, de nem a lávasíkságon, hanem egy magasabb, felföldszerű területen. Ez a világosabb rész minden bizonnyal imbriumi törmelék. A tőle 100 km-rel délre fekvő, hasonló méretű, de egészen más megjelenésű Encke-kráterrel érdekes párost alkot. Itt két jókora dómot találhatunk, a Kepler

1-et és az Encke 1-et. A Kepler 1, a Kepler-krátertől egy kráterátmérőnyivel északnyugatra fekszik. Átmérője 14 km, magassága 170 méter. Már egy 5-6 cm-es refraktorral is megfigyelhető. Az Encke 1 dóm közvetlenül a névadó kráter déli szélén található. Átmérője 33 km, valójában nagyobb, mint maga a 29 km-es Encke-kráter. Magassága 180 méter, átlagos lejtése mindössze 0,62°. Ennek közepéből egy markáns hegytömb emelkedik ki, ami magasabb napállásnál is feltűnő, nem úgy, mint a csak súroló fényben megfigyelhető dóm.

Burnham-kettősök: tél

Az Ikrek csillagkép testvérpárjának képzeletbeli lábánál találjuk a Propus szabadszemes, fényes csillagot. Az η Geminorum igen szép kettőscsillag, amely a BU 1008 nevet viseli. 350 fényév távolságban lévő, fizikai kettőscsillag, egyenlőtlen fényességű tagokkal, amelyek megfigyeléséhez 9-10 cm-es távcső ajánlott.

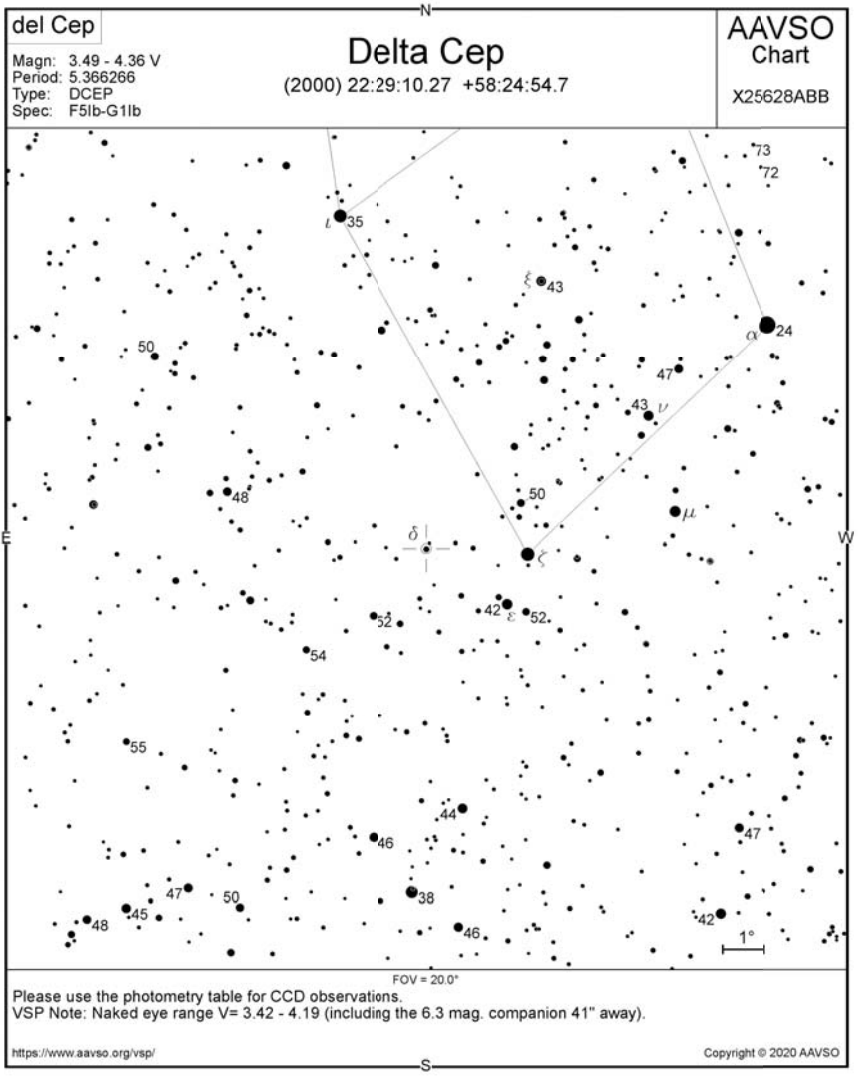


Az η Gem (BU 1008) pályája (stelledoppie.it)

Észleljük a δ Cepheit!

A δ Cephei típusú változócsillagok a szűkebb, valamint a modern távcsöveknek köszönhetően egyre bővülő extragalaktikus környezetünk fontos távolságindikátorai. Első populációs sárga szuperóriás csillagok, amelyek tágulással és összehúzódással pulzálnak. Ennek eredményeként fényességük szabályosan oszcillál. Luminozitásuk a Napénak 10^3-10^4-szerese. A csoport névadója után cefeidáknak elnevezett változók periódusa és abszolút fényessége között, logaritmikus skálán egyenes arányosság figyelhető meg. Az összefüggést Henrietta Swan Leavitt ismerte fel, akire az e havi évfordulóknál emlékezünk.

A δ Cephei az η Aquilae után másodikként felfedezett cefeida. Fényváltozásait John Goodricke ismerte fel 1784-ben. Az 1 magnitúdót sem elérő amplitúdójú, fűrészfogszerű fénygörbéje a csoportra jellemzően igen szabályos, mintegy 5,4 napos periódussal. Kis amplitúdója miatt vizuális észlelése, tudományos érdekességén felül nem kecsegtet látványos eredménnyel, ám akár fotoelektromos, akár DSLR technikával történő megfigyelése hasznos lehet, esetleges periódusváltozásának kimutatásához.


del Cep
Magn: 3.49 - 4.36 V
Period: 5.366266
Type: DCEP
Spec: F5Ib-G1Ib
Delta Cep
(2000) 22:29:10.27 +58:24:54.7
AAVSO
Chart
X25628ABB
N
E
W
S
FOV = 20.0°
1°
Please use the photometry table for CCD observations.
VSP Note: Naked eye range V= 3.42 - 4.19 (including the 6.3 mag. companion 41" away).
https://www.aavso.org/vsp/
Copyright © 2020 AAVSO

Évfordulók

100 éve halt meg Henrietta Leavitt

Henrietta Swan Leavitt 1868. július 4-én született a Massachusetts állambeli Lancasterben. Iskolái elvégzése után önkéntesnek jelentkezett a Harvard Obszervatóriumba. Az igazgató, Edward Charles Pickering (l. Meteor Csillagászati Évkönyv 2019, pp. 44–45) alkalmazta a fotometriai osztályon. 1902-ben az állása állandósult, és kiváló munkájának köszönhetően a fotografikus fotometriai osztály vezetője lett.

Az 1880–1890-es években Pickering fontos feladatnak tekintette standard csillagok fényességének megbízható meghatározását. Az 1900-as években aztán kiderült, hogy a fotografikus lemezek használata sokkal előnyösebb, így ilyen standardokra is szükség volt. Az ún. North Polar Sequence létrehozásának vezetője Leavitt volt. Ennek eredményét 1917-ben publikálta az obszervatórium évkönyvében (The North Polar Sequence, *Annals of the Harvard College Observatory* 71, No. 3, pp. 47–232, 1917).

Legfontosabb munkája, és ami miatt ma is ismerik nevét, a változócsillagokhoz kapcsolódik. A két Magellán-felhőben felfedezett változókról publikált katalógusában olvashatjuk, hogy „figyelemre méltó, hogy a VI. táblázatban a fényesebb változóknak hosszabb periódusa van." (1777 Variables in the Magellanic Clouds, *Annals of the Harvard College Observatory* 60, No. 4, pp. 87–105, 1908). Négy évvel később, újabb változók periódusainak meghatározása után ismét visszatért a témához, és a 20. század csillagászatának egyik legjelentősebb felfedezését szerényen így hozta a világ tudomására: „Észrevehető egy figyelemreméltó kapcsolat e változók fényessége és periódusuk hossza között." (Edward C. Pickering, Periods of 25 Variable Stars in the Small Magellanic Cloud, *Harvard College Observatory Circular* 173, pp. 1–3, 1912 – noha Pickering neve alatt jelent meg, az igazgató rögtön az első mondatban tisztázta, hogy mindez Leavitt munkája). Ez a cefeidák periódus-fényesség relációja, amely alapvető fontosságú a kozmikus távolságskála megalapozásában.

Henrietta Leavitt 1921. december 12-én hunyt el a Massachusetts állambeli Cambridge-ben. Leavitt nem kapott olyan elismerést kortársaitól, mint például Annie Cannon. Az utókor viszont nagyra értékelte munkáját, amit – többek között – a róla elnevezett holdkráter és az (5383) Leavitt elnevezésű kisbolygó is mutat.

200 éve született Wilhelm Tempel

Ernst Wilhelm Leberecht Tempel (keresztnevei közül a Wilhelmet használta cikkeiben) német amatőr csillagász 1821. december 4-én született a szászországi Niedercunnersdorfban. Drezdában litográfiát tanult, majd három évig Koppenhágában fejlesztette tovább tudását. 1850 körül Itáliába költözött, és botanikusok számára növényekről készített rajzokat (és kőnyomatokat).

Csillagászokkal is kapcsolatba került, 1856-ban néhány hónapig Marseille-ben dolgozott az ottani csillagdában, majd Itáliába való visszatérése után a bolognai obszervatóriumban segédkezett. Amikor 1858-ban Velencébe költözött, távcsövet vásárolt, és belekezdett a csillagászati munkába. Egy év múlva fel is fedezte első üstökösét (C/1859 G1), amelyet további 20 felfedezése követett.

Nem sokkal később visszatért Marseille-be, és az ottani csillagdában dolgozott asszisztensként. Itt fedezte fel első két kisbolygóját, a (64) Angelinát (Planet (64), entdeckt von Herrn Tempel in Marseille März 4, *Astronomische Nachrichten* 55, cols. 47–48, 1861) és a (65) Cybelét – 1861. március 4-én és 8-án. Tempel ezért megkapta a Párizsi Akadémia Lalande-érmét.

Amikor a csillagvizsgáló új – Tempel szerint tehetségtelen – igazgatót kapott 1861-ben, Tempel kilépett, és ismét amatőr csillagász lett. További kisbolygókat és üstökösöket fedezett fel, egészen addig, amíg a francia–porosz háború miatt ki nem utasították Marseille-ből. Milánóba költözött, ahol Schiaparellivel dolgozott együtt, majd a firenzei Arcetri Obszervatórium igazgatója lett. 1875-ben fedezte fel a Merope (23 Tauri) körüli ködöt (Schreiben des Herrn Tempel, Astronomen der Sternwarte in Florenz, an den Herausgeber, *Astronomische Nachrichten* 86, cols. 67–70, 1875). 1889. március 16-án halt meg Arcetriben. Emlékét a (3808) Tempel kisbolygó is őrzi.

550 éve született Johannes Kepler

A csillagászat történetének egyik legnagyobb alakja 1571. december 27-én született a baden-württembergi Weil der Stadtban. A Tübingeni Egyetemen tanult, ahol a kopernikánus Michael Maestlin (1550–1631) volt a tanára. Mivel szülőföldjén nem kapott állást, hosszú idő töltött a katolikus Habsburg Birodalomban. Először Grazban tanított, itt írta *Mysterium Cosmographicum* (1596) című művét. 1600-ban el kellett hagynia állását, mert protestánsként nem maradhatott Grazban. Tycho Brahe (1546–1601) hívására ekkor Prágába költözött, ahol Tycho nem sokkal később bekövetkezett halála után megörökölte az udvari matematikusi címet.

Prágai tartózkodása igen gyümölcsöző volt. Megkapta Tycho a kor átlagához képest igen pontos észleléseit, és 1604-ben lehetősége volt megfigyelni egy „új csillagot". Ez utóbbiról írt könyve – *De Stella nova in pede Serpentarii* (Prága, 1606) – az új csillagon kívül a néhány évvel korábban felfedezett, később P Cygninek elnevezett változócsillagról is beszámolt.

Tycho Mars-észlelései alapján írta *Astronomia Nova* (1609) című könyvét, amelyben három törvénye közül kettő megtalálható: (1) a bolygók elliptikus pályán mozognak, amelynek egyik gyújtópontjában található a Nap, (2) egy bolygót és a Napot összekötő egyenes egyenlő idők alatt egyenlő területet súrol. Ezek közül az első törvény valóban forradalmi jelentőségű, Kepler volt az első, aki el tudott szakadni az ókortól kezdve uralkodó elképzeléstől, amely szerint a bolygóknak körpályán kell mozogniuk. Harmadik törvénye a későbbi *Harmonices mundi*ban (Linz, 1619) található, eszerint a bolygók keringési idejének négyzetei úgy aránylanak egymáshoz, mint az ellipszispályák fél nagytengelyeinek köbei. 1627-ben Ulmban jelent meg a főleg Tycho mérésein alapuló *Tabulae Rudolphinae*, azaz a Rudolf-táblázatok (Keplernek voltak is problémái Tycho örököseivel). Kepler 1630. november 15-én Regensburgban bekövetkezett halála után jelent meg a *Somnium* (magyarul Álom, ford. Mann Lajos), amely az egyik legkorábbi (proto) science fiction.

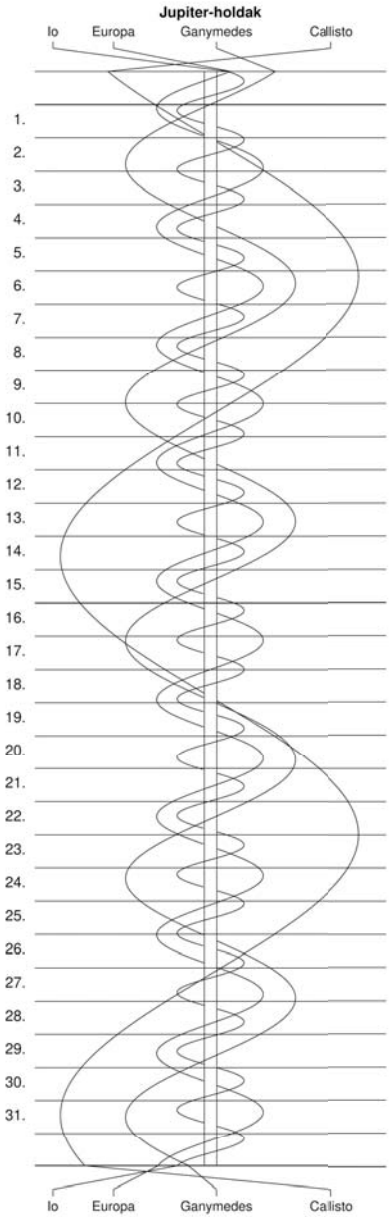
Kepler matematikai és fizikai (optikai) munkássága is jelentős. A Linzi Egyetemet, Prágában és Frankfurt am Mainban egy utcát, a Kepler-űrtávcsövet egyaránt róla nevezték el. Vannak Kepler-kráterek a Holdon és a Marson, és az (1134) Kepler kisbolygó is az ő nevét őrzi.

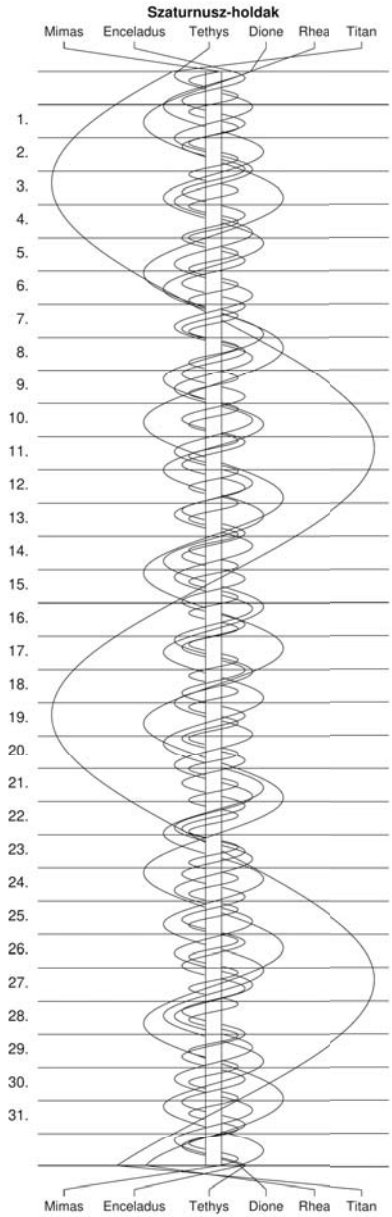
Jupiter-holdak

nap	UT h:m	hold	jelenség
1	17:11.6	Io	fv
3	17:00.4	Europa	ek
	19:35.1	Europa	ák
	19:50.2	Europa	ev
4	15:30.8	Ganymedes	mv
	17:06.4	Ganymedes	fk
	20:38.4	Ganymedes	fv
5	17:33.7	Europa	fv
7	18:26.9	Io	ek
	19:41.8	Io	ák
8	15:33.9	Io	mk
	19:07.2	Io	fv
9	16:27.0	Io	áv
10	18:10.2	Callisto	ák
	19:43.1	Europa	ek
11	16:07.4	Ganymedes	mk
	19:44.9	Ganymedes	mv
12	20:10.7	Europa	fv
15	17:32.9	Io	mk
16	16:06.3	Io	ák
	17:12.7	Io	ev
	18:22.6	Io	áv
17	15:31.7	Io	fv
18	17:03.0	Callisto	mk

nap	UT h:m	hold	jelenség
19	17:38.5	Europa	mk
21	16:56.2	Europa	áv
22	18:46.4	Ganymedes	áv
	19:32.6	Io	mk
23	16:55.3	Io	ek
	18:01.8	Io	ák
	19:12.4	Io	ev
24	17:27.3	Io	fv
27	16:28.6	Callisto	áv
28	16:46.9	Europa	ák
	17:27.9	Europa	ev
29	18:36.5	Ganymedes	ev
	19:19.3	Ganymedes	ák
30	18:55.5	Io	ek
31	16:03.1	Io	mk

f = fogyatkozás: a hold a Jupiter árnyékában
á = átvonulás: a hold árnyéka a Jupiteren
e = előtte: a hold a Jupiter korongja előtt
m = mögötte: a hold a Jupiter korongja mögött
k = a jelenség kezdete
v = a jelenség vége


Jupiter-holdak
Io
Europa
Ganymedes
Callisto
1.
2.
3.
4.
5.
6.
7.
8.
9.
10.
11.
12.
13.
14.
15.
16.
17.
18.
19.
20.
21.
22.
23.
24.
25.
26.
27.
28.
29.
30.
31.
Io
Europa
Ganymedes
Callisto


Szaturnusz-holdak
Mimas
Enceladus
Tethys
Dione
Rhea
Titan
1.
2.
3.
4.
5.
6.
7.
8.
9.
10.
11.
12.
13.
14.
15.
16.
17.
18.
19.
20.
21.
22.
23.
24.
25.
26.
27.
28.
29.
30.
31.
Mimas
Enceladus
Tethys
Dione
Rhea
Titan

CIKKEK

BALÁZS LAJOS

100 éves a svábhegyi Konkoly Thege Miklós Csillagászati Intézet

Előzmények

A huszadik század hajnalán a magyarországi csillagászat már több évszázados múltat tudhatott maga mögött. E történet részletes bemutatása azonban nem tárgya ennek a cikknek, amely csak néhány, a témája szempontjából fontosabb állomás bemutatására szorítkozik. Valójában nem lehet biztonsággal megállapítani, hogy a történet mikor kezdődött, mivel a csillagászat a kultúrában valamilyen módon, pl. az időszámítás révén, mindig is jelen volt.

A csillagászat Mátyás király udvarában

A történet a XV. század második felében mégis fontos állomásához érkezett hazánkban, amikor *Hunyadi Mátyás*t Magyarország királyává koronázták. Udvarában kora számos nevezetes tudósa otthont talált. A királyi udvarban sok jel mutatott arra, hogy az uralkodó nagy híve az asztrológiának. Itt a csillagászattal foglalkozó tudósoknak a horoszkópok készítése alapvetően a napi megélhetést jelentette.

Mátyás tudománypártolásának legkiválóbb bizonyítéka volt félezer kötetes Corviniana bibliothecanak nevezett könyvtára. A híres könyvtár kódexei között megtalálhatók voltak a kor leghíresebb csillagászainak munkái is. A Mátyás udvarában levő csillagászok között már 1467-ben *Johannes Regiomontanusszal* találkozunk, aki *Tabula primi mobilis* c. munkáját Mátyás királynak ajánlotta. Regiomontanusnak ezenkívül a Corvinák között több kézirata is megtalálható volt.

Mátyás halálával az ország közállapotával együtt a tudományok és művészetek is hanyatlásnak indultak. A török csapatok 1541-ben elfoglalták Budát, és ettől kezdve Mátyás Budájának már csak elmúlt dicsősége maradt. A XVI. században a török hódítás kiterjedésével a tudományok művelése az ország megmaradt északi részeibe és Erdélybe szorult, amelyeket a háború zaklatásai kevésbé érintettek. Az ebben az időben is folytatódó naptárkészítés ugyan csillagászati

ismereteket tételezett fel, de a csillagászat művelése a XVIII. század közepéig jóformán csak a naptárak szerkesztésére szorítkozott.

Csillagászat a nagyszombati egyetemen

1635-ben jelentős fordulatot hozott a *Pázmány Péter* esztergomi érsek és bíboros által Nagyszombatban (ma Trnava) alapított egyetem *(1. ábra)*. A csillagászattal való kapcsolatáról annyit mindenképpen tudunk, hogy az egyetemmel egy időben létesített könyvtár természettudományi könyveknek (pl. Kopernikusz és Kepler munkáinak) is helyet adott. Láthatóan a nagyszombati jezsuiták lépést tartottak koruk természettudományának haladásával.

Az egyetemen 1751-ben kezdtek foglalkozni azzal a gondolattal, hogy a gyakorlati csillagászatnak is helyet adjanak, és e cél megvalósítására obszervatóriumot építsenek. 1753-ban kezdték el egy új épületszárny építését, és nagyon valószínű, hogy ebben az obszervatórium létrehozása is döntő szerepet játszott. Január elején rakták le az új szárny alapkövét. Az év végére a csillagvizsgáló épülete már majdnem teljesen készen állott, és a következő évben az épület belső felszerelését is befejezték. Az építkezést *Kéri Borgia Ferenc* tervei szerint hajtották végre, a csillagászati munkákat pedig *Weiss Ferenc* matematikatanárra bízták.

Weiss kimagasló helyet foglal el a magyar csillagászat történetében, mert a nagyszombati egyetemen ő művelte először a tudományos csillagászatot, és neve külföldön is ismert volt. A szükséges műszerek beszerzése csak fokozatosan történhetett meg. A megfigyelések végül 1756-ban kezdődtek el. Ettől az évtől 1770-ig vagy évenként, vagy két-, néha háromévenként Weiss összefoglaló füzeteket tett közzé az *Observationes astronomicae*ben.

1. ábra: Nagyszombat (ma Trnava) a XVII. század elején. Itt alapított egyetemet 1635-ben Pázmány Péter esztergomi érsek és bíboros. (Történelmi Képcsarnok)

1769-ben az egyetemet újjászervezték, és felmerült, hogy Budára helyezzék át. A jezsuita rendet Mária Terézia feloszlatta, és a jezsuita kollégium jogutódjává az újjászervezett egyetemet tették meg. Elrendelték az obszervatóriumban az észlelések folytatását, és gondoskodtak a szükséges anyagi forrásokról is. 1777-ben Mária Terézia végre elrendelte az egyetem Budára költözését, de az obszervatórium Nagyszombatban maradt, ettől kezdve azonban fokozatosan elvesztette jelentőségét.

Az egyetemi csillagvizsgáló a budai várban

A nagyszombati egyetem Budára költözése alkalmával *Hell Miksa* kapta a feladatot, hogy alkalmas helyet keressen Budán a csillagvizsgálónak. Hell első gondolata az volt, hogy az új csillagvizsgálót a Gellért-hegyen kellene felépíteni. Később azonban a véleményét megváltoztatta, és a királyi várat jelölte meg az új létesítmény helyéül. Hellnek ezt a tervét az illetékesek jóváhagyták, és a megépítendő csillagvizsgáló torony tervezését is rábízták. Ebbe a munkába Weiss Ferencet is bevonta *(2. ábra)*.

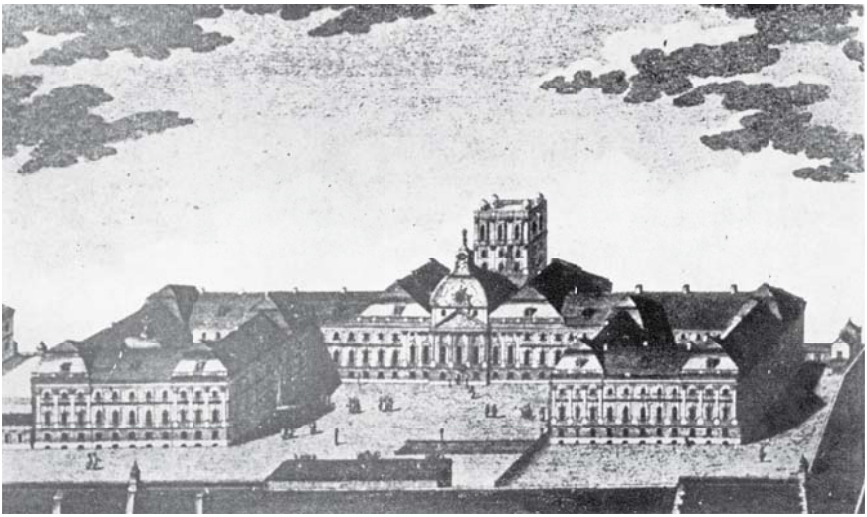
A csillagászati munka 1780-ban indult meg. Weiss meghatározta a budai obszervatórium földrajzi szélességét és hosszúságát, és folytatta a Nagyszombatban megkezdett megfigyeléseket. A munka alig indult el, amikor váratlan nehézségbe ütközött. II. József trónra lépésével az a döntés született, hogy az addig Pozsonyban székelő kormányszerveket Budára költöztetik át, és ennek megfelelően a királyi várban levő egyetemnek át kellett adnia a helyét a központi közigazgatás hivatalainak. A helytartótanács azt a tervet fontolgatta, hogy az obszervatóriumot Egerbe helyezik át, és a kitűnően felszerelt püspöki csillagvizsgálóval egyesítik.

A császári udvar által kijelölt udvari tanulmányi bizottság azonban Hell véleményét fogadta el, amely szerint a csillagvizsgálónak az egyetem mellett van a helye, mivel az intézménynek az észlelés mellett a tanítás is célja. Az obszervatórium Pestre költöztetését azonban pénzügyi okokból nem javasolták. Mindezeket megfontolva II. József a budai csillagvizsgáló fenntartása mellett döntött, aminek következtében a nagyszombati obszervatórium megszűnt, és műszereit 1785-ben Budára szállították.

A csillagvizsgáló elhelyezésével kapcsolatos huzavona jelentősen gátolta a rendeltetésszerű működést. Emellett azonban volt egy másik, sokkal nagyobb nehézség is, amely miatt az obszervatórium nem felelhetett meg a hivatásának.

A királyi palota korabeli képeiből és a kortársak egybehangzó véleményéből is azt látjuk, hogy a hely kiválasztása és az épület megtervezése sem volt szerencsés. Ehhez járult még az a körülmény is, hogy a rendelkezésre álló műszerek már teljesen elavultak, úgyhogy a királyi biztos is új műszerek beszerzésére 15000 forintot tartott szükségesnek.

A XVIII. század végén ugyanis a műszertechnika hirtelen oly mértékben kezdett fejlődni, hogy ennek eredményei mellett a régi műszerek valóban elavultak lettek. A XVIII. század végén mind a műszertechnika, mind pedig az optika terén az angol csillagászat volt az élen.



2. ábra: Az 1777-ben Mária Terézia rendeletére Budára költöztetett nagyszombati egyetem csillagászati megfigyelőtornya a királyi palotán. (Foto MEK/OSZK)

1803-ban a három csillagász állás egyikére *Pasquich János* került. Az ő nevéhez fűződik az obszervatórium újjáalakítása.

A gellérthegyi csillagvizsgáló

A magyar csillagászat hanyatlása a XIX. elején *József nádort* és a kulturális ügyekért felelős helytartótanácsot arra indította, hogy Magyarországon a csillagászat újbóli fellendítésére egy új obszervatórium felépítését kezdeményezze.

Pasquich József nádortól egy új csillagvizsgáló felépítésére és felszerelésére kapott megbízást. 1803-ban eleget is tett a megbízásnak, és memorandumában rámutatott, hogy egy új épületre is szükség van.

Javaslata az egyetemi tanács elé került, amely azt a helytartótanács tanulmányi bizottságához terjesztette fel. József nádor Pasquich javaslatát teljes egészében elfogadta, és ennek köszönhetően azt *I. Ferenc* király 1805 elején jóvá is hagyta. A jóváhagyással egyszersmind együtt járt az is, hogy Pasquich megbízást kapott a műszerek megrendelésére és a csillagvizsgáló új helyének kiszemelésére.

Több szerencsés körülmény találkozása folytán a német műszertechnika a század elején elérte, sőt részben már túl is szárnyalta az angol fejlettségi fokot. Pasquich 1806 nyarán Münchenbe utazva a műszerek legnagyobb részét meg is rendelte. A napóleoni háborúk miatt azonban a műszerek elkészítése hosszú ideig tartott. 1811-re még csak a legfontosabbak készültek el.

Pasquich müncheni útja után minden erejével arra törekedett, hogy az új csillagvizsgáló számára alkalmas helyet találjon, és javaslatot tegyen az épület fölállítására. Hell tekintélyére hivatkozott, aki a Budára költözött egyetemi csillagvizsgáló számára a legalkalmasabbnak a Gellért-hegyet tartotta. Ennek ellenére mind az egyetemi tanács, mind pedig az építészeti szakértők a Gellért-hegy ellen kifogásokat emeltek, de József nádor Pasquichnak adott igazat, és a gellérthegyi obszervatórium építkezése 1813 elején végre el is kezdődött.

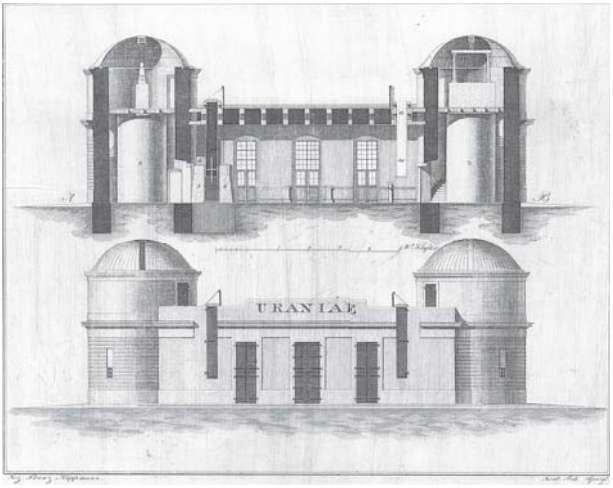
Az építkezés hosszú ideig elhúzódott. Maga I. Ferenc császár és király is sürgette a befejezését, és így 1814 októberében a még nedves falakat szövetségeseivel, I. Sándor orosz cárral és III. Frigyes Vilmos porosz királlyal meglátogatva felavatták az obszervatóriumot. A műszereket a még nedves falú épületben nagy sietve fölállították erre az alkalomra, és ez később a műszerek korai megrozsdásodását okozta.

E látogatásból az intézetnek haszna is volt azonban, mert Ferenc király észrevette, hogy nincs műszer a keleti meridiánrés alatt. Fölhatalmazta Pasquichot, hogy a királylátogatás alkalmával jelen levő müncheni *Reichenbach*nál egy meridiánkört, egy kisebb üstököskeresőt, valamint egy heliométert rendeljen.

A gellérthegyi csillagvizsgáló két kupolából és a közöttük levő megfigyelőteremből állott. Az egyik torony keletre, a másik pedig nyugat felé helyezkedett el. A főfalak a meridiánra merőlegesen állottak. A megfigyelőterem déli oldalán három magas ablak volt, és az északi oldalon is ugyanannyi.

A csillagvizsgáló igazgatójának és személyzetének az épület mellé 1817-ben lakást építettek. Ez az épület az obszervatórium nyugati szárnyához kapcsoló-

dott, a kettő közti kapcsolatot egy zárt folyosó biztosította. A segédszemélyzet lakása az épület földszintjén, míg az igazgatóé és a második csillagászé az emeleten volt *(3. ábra)*. Az új intézetben azonban a munka csak a következő év második felében kezdődött meg.



3. ábra: Az 1815-ben felavatott gellérthegyi obszervatórium tervrajza (Wikimedia Commons)

*Littrow*val, a kazanyi csillagvizsgáló igazgatójával Pasquich 1815 közepén lépett kapcsolatba. Felkérte, hogy a gellérthegyi obszervatóriumban igazgatótársként vállaljon állást. Littrow az év novemberében az ajánlatot el is fogadta. Együttműködésük azonban nem volt felhőtlen, mivel Littrow nem akarta magát Pasquichnak alárendelni, így a rendszeres munka közöttük nem tudott elindulni. Végül Littrowot 1820-ban a bécsi egyetemi csillagvizsgáló igazgatójának hívták meg, és így ez a visszás állapot szerencsésen megszűnt.

Pasquich 1824-ig állott a csillagvizsgáló élén. Nyugalomba vonulása előtt *Tittel Pál*t, az egri obszervatórium vezetőjét nyerte meg utódjául. Működésével az egyetemi csillagvizsgáló egyike volt Európa legjobban felszerelt intézeteinek. De munkaerejét az új épület és berendezésének létrehozásában kifejtett nagy munka nagyon igénybe vette, és a személyét ért támadások miatt már nem volt lehetősége, hogy a nagyszerűen fölszerelt intézetben sikeres kutatómunkát is végezzen. Intézetéről mint Európa egyik legnagyobb obszervatóriumáról emlékeznek meg kortársai. Az ebben a korban létesült csillagvizsgálók a gellérthegyi intézet mechanikai és optikai berendezését is gyakran mintául vették.

Tittel Pál teljesen egyedül volt, amikor átvette Pasquich örökét, és mivel egyetlen ember munkabírását a budai csillagász teendői jóval meghaladták, a rendszeres munkára ismét nem kerülhetett sor. A csillagvizsgáló bajainak növeléséhez az ország pénzügyi helyzete is hozzájárult.

1829-ben Tittel javasolta, hogy új műszerek számára új tornyot is építsenek. Az egyetem álláspontja azonban a rossz pénzügyi helyzet miatt halasztó volt. Az időjárás nagy károkat okozott az obszervatórium épületében. Tittel egymás után adta be igényeit az egyetem tanácsának a tetőzet, a falak, a műszerek helyreállítása tárgyában, a renoválás munkálatai majdnem állandóan folytak az obszervatóriumban.

Budán és Pesten Tittel nagy tiszteletben állott. Sok magas állású hivatalnok, József nádorral az élen, valamint a tudományos és írói körök sokszor keresték föl a csillagvizsgálóban. 1830-ban érdemei elismeréséül a Magyar Tudományos Akadémia matematikai osztályának első rendes tagjává választották. Buda és Pest falai között 1831-ben kolerajárvány dühöngött, és a járványnak Tittel is áldozatul esett.

Tittel halála az obszervatóriumban nehéz helyzetet teremtett. A korábban segítőül maga mellé vett *Albert Ferenc* a vezetői megbízatásra még túlságosan fiatal és tapasztalatlan volt. 1835-ben neveztek ki újabb vezetőt az intézet élére *Lambert Franz Mayer*, a bécsi csillagvizsgáló adjunktusának személyében. A csillagászat terén Mayer tevékenysége jelentéktelen volt. Működése alatt az obszervatórium csaknem teljesen meteorológiai megfigyeléseket végzett. Ezek a megfigyelések 1841-től 1848 végéig tartottak.

Az 1848-49-es szabadságharcban a honvédsereg a sikeres tavaszi hadjárat során május elejére Budavár alá érkezett. A honvédség a csillagvizsgáló falai elé egy üteget állított föl, és onnan lőtte a várat. A várőrség természetesen válaszolt a tüzelésre, és az ostromlott osztrák sereg ágyúi súlyosan megrongálták az intézetet és a mellette levő lakóépületet.

Albert mindjárt az üteg felállítása után hozzálátott a műszerek elszállításához. Míg azonban azzal volt elfoglalva, hogy egy-egy műszert biztonságba helyezzen, az intézet ellen felizgatott tömeg és a háborúban eldurvult honvédség betört az obszervatóriumba, és azt teljesen kifosztotta. A honvédparancsnokság és a polgári hatóságok segítségével sikerült ugyan az elorzott műszerek egyes részeit visszaszerezni, de teljesen hasznavehetetlen állapotban.

Az osztrák hadvezetőség mindjárt a szabadságharc leverése után azzal a tervvel állott elő, hogy a budai várat és az egész környéket uraló fellegvárat építtet

a Gellért-hegyen. Noha I. Ferenc József császár és király elképzelése szerint a csillagvizsgálónak az erődítmény falai között kellett volna maradnia, a bécsi hadügyminisztérium e terv ellen foglalt állást, és a fellegvár megépítése alkalmával a csillagvizsgáló falai eltűntek a föld színéről.

Konkoly Thege Miklós csillagvizsgálója

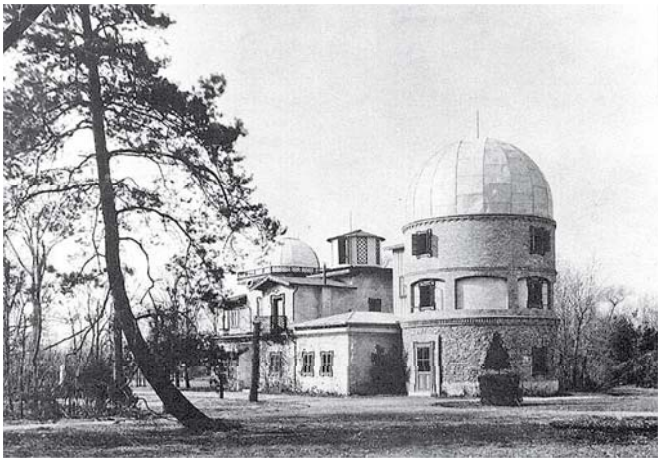
Az 1860-as években a csillagászatban forradalmi átalakulás történt, megszületett az asztrofizika. Ezt a hatalmas előrelépést az tette lehetővé, hogy *Gustav Kirchhoff* és *Robert Bunsen* 1859-ben felfedezte a színképelemzést, és az behatolt a csillagászatba is.

Amit a bennünket övező kozmikus világról tudunk, azt alapvetően a hozzánk érkező fotonok által szállított információ megfejtéséből tudjuk. A beérkező fotont néhány egyszerű fizikai mennyiség jellemzi: iránya, hullámhossza (energiája) és polarizációja. Történelmileg először a foton irányának meghatározására nyílt lehetőség. Ennek köszönhetően a csillagászat klasszikus ága az égitestek irányának meghatározásával foglalkozó asztrometria lett. Az asztrometria a tengeren a navigációval, a földrajzi helymeghatározás kapcsán a geodéziával és a térképészettel, illetve az időszámítással, továbbá az égitestek mozgását vizsgáló égimechanikán keresztül a matematikával, állt szoros kapcsolatban.

Gyökeresen új helyzetet teremtett azonban a színképelemzés. Az égitestekről hozzánk érkezett fény színképi információjának megfejtésével ugyanis lehetőség nyílt a kozmoszban zajló fizikai folyamatok részletes vizsgálatára, illetve megértésére is. Az asztrofizika Konkoly Thege Miklósnak köszönhetően Magyarországon is meghonosodott. Neki köszönhetjük, hogy a gellérthegyi csillagvizsgáló lerombolásával a hazánkban megszűnt professzionális csillagászat húsz év Csipkerózsika-álom után egy forradalmian új területen, az asztrofizikában újjászületett.

Konkoly Thege Miklós 1842. január 20-án született Pesten. Szülei ógyallai gazdag földbirtokosak voltak. Azt szerették volna, ha fiuk politikai pályára megy. A jogi pálya azonban nem érdekelte, és egyre inkább a matematikához, fizikához, illetve a csillagászathoz vonzódott. 1860-ban iratkozott be a Berlini Egyetem csillagász szakára, de szülei akaratának engedve jogi tanulmányokat is folytatott a pesti egyetemen. 1862-ben szerzett diplomát a Berlini Egyetemen. Ezt követően Európa különböző csillagvizsgálóiban (Göttingen, Heidelberg, Párizs, Greenwich) tett körutat.

Valószínű, hogy családi tragédiái (két gyermekének korai halála) is fontos szerepet játszottak abban, hogy életét egyre inkább a csillagászat tudománya határozta meg. Kutatási területének az újonnan született asztrofizikát választotta, amelynek alapjaival már berlini tanulmányai során megismerkedett.



4. ábra Konkoly Thege Miklós ógyallai csillagvizsgálója az 1880-as évek elején (Forrás: Fortepan)

1871 nyarán kastélya északi oldalán a tetőn kis kupolát építtetett. Ezzel az eseménnyel született meg az ógyallai csillagvizsgáló. Első távcsövével, egy Bardou-féle 4 hüvelykes refraktorral, 1872-ben hozzáfogott a napfoltok és a protuberanciák rendszeres megfigyeléséhez. A csillagvizsgálóban folyó tudományos munkáról ettől az időtől kezdve a Magyar Tudományos Akadémia Értekezéseiben évi beszámolót jelentetett meg. Konkoly munkáját az Akadémia 1876-ban levelező tagsággal ismerte el. Ezt követően hét év múlva tiszteleti tag lett.

1874-ben a kastély parkjában álló fürdőház tetején kupolát építtetett, ahol egy 162 mm-es lencsés Merz-távcsövet állított fel. Ezt követően az épület mellett észlelőtornyot építtetett *(4. ábra)*, amibe egy Angliában vásárolt Browning-féle 10 és fél hüvelykes tükrös teleszkópot telepített. Ezzel a távcsővel az első munkája egy üstökös spektroszkópiai vizsgálata volt.

A tükrös távcső azonban nem igazolta a hozzá fűzött reményeket. A reflexiót adó ezüstfelülete hamar tönkrement, emiatt gyakran felújításra szorult. Ennek következtében a távcsövet 1881-ben eladta Gothard Jenő herényi csillagásznak, és helyére egy 10 hüvelykes Merz-optikát vásárolt. A mechanikát ezután jól felszerelt saját műhelyében készítette el. A távcső a Browning számára épített

toronyban nem fért el. Ezért a tornyot lebontatta, és az új műszer befogadására alkalmas toronnyal egészítette ki a fürdőházból átalakított csillagda épületét. Ezzel létrejött az obszervatórium hagyományosan ismert alakja.

A Nap rendszeres megfigyelése mellett Konkoly személyesen negyven üstököst figyelt meg, amelyek közül huszonhét esetben színképeket is készített. Ezért nem tekinthetjük önteltségnek, amikor úgy látta, hogy az üstökösök megfigyelése és színképi vizsgálata területén előkelő helyet foglalt el a csillagászok között.

Az ógyallai obszervatóriumban rendszeresen vizsgálták a kisbolygókat. A megfigyeléseket a pálya meghatározásával egészítették ki, és a szekuláris perturbációkat is figyelembe vették. A kutatások nemzetközi színvonalának elismeréseként róla, illetve az intézetéről két kisbolygót neveztek el.

Konkoly csillagászati kutatásainak a bolygók, különösen a Jupiter és a Mars felszínének a megfigyelése fontos része volt. A megfigyeléseket az intézeti közleményekben rendszeresen publikálták. Nem sokkal a Jupiter vörös foltjának 1878-as megjelenése után megfigyelésekkel több éven át követték azt egészen addig, amíg újra elhalványodott.

Az asztrofizika egyik legfontosabb problémájának a csillagok színképének vizsgálatát tekintette, főleg azzal a céllal, hogy a további részletesebb vizsgálatokhoz átfogó spektroszkópiai vonatkoztatási rendszert hozzanak létre az égbolton. Konkoly csatlakozott az északi félgömb 6,5 magnitúdónál fényesebb csillagainak vizsgálatához. Az 1887-ben közzétett katalógus 7,5 magnitúdóig 2022 csillagot tartalmazott.

Személyes kapcsolatainak is köszönhette, hogy a német Astronomische Gesellschaft (AG) 1898-ban Budapesten tartotta közgyűlését. Más magyarországi obszervatóriumok – 1877-ben Kalocsán, 1881-ben Herényben (Szombathely), 1886-ban Kiskartalon – létrehozásában is fontos szerepet játszott.

1890-ben Konkolyt a Magyar Meteorológiai Szolgálat igazgatójává nevezték ki. Az ógyallai obszervatóriumnak igazgatóként is sok támogatást nyújtott. 1890-tól az államosításáig terjedő időszakban az obszervatórium munkájában a Meteorológiai Szolgálat munkatársai is rendszeresen rész vettek.

A Magyar Kir. Konkoly-Alapítványú Astrophysikai Observatórium

Konkoly nem sokkal intézetének megalapítása után már világosan látta, hogy intézetének jövője nincs biztosítva. Azok az intézetek, amelyek születésüket egy

gazdag mecénás bőkezűségének köszönhették, a mecénás halála után a szükséges anyagi támogatás megszűnésével fokozatosan tönkrementek. Tekintettel arra, hogy gyereke, örököse nem volt, halála után a sok fáradsággal és anyagi áldozattal létrehozott intézet veszendőbe ment volna. Több nyugati példát is látott erre.

A szomorú példák arra sarkallták, hogy az államnak adományozza intézetét, beleértve természetesen a teljes felszerelést is. A csillagda állami tulajdonba vétele tehát a fennmaradáshoz vezető menekülési útvonalat jelentette. Már 1878-ban megkísérelte – sikertelenül –, hogy ógyallai csillagdáját felajánlja a létesítendő Pozsonyi Egyetemnek.

Időközben parlamenti képviselőnek választották, és így a kormány tagjaival is személyes kapcsolatba került. Fáradozása végül 1899-re sikerrel járt, és intézete állami tulajdon lett. Feltételül szabta azonban, hogy az obszervatórium rendeltetésszerű működtetéséről az állam gondoskodik, beleértve az alkalmazottak fizetését is. Ragaszkodott ahhoz is, hogy az intézet az ő életében Ógyallán maradjon. Feltétel volt továbbá, hogy ő maradjon az igazgató az államosítás után is, de ezért fizetést nem kért.

A hivatalos átadás-átvétel 1899. május 16-án történt meg, és az új állami intézet 1899. május 20-án kezdte el működését Konkoly-Alapítványú Magyar Királyi Astrophysikai Obszervatórium néven.

Az állami tulajdonba vételt követően az intézet új épületet és műszereket is kapott. Vezető munkatársai a következők voltak: *Konkoly Thege Miklós* (igazgató), *Kövesligethy Radó* (igazgatóhelyettes), *báró Harkányi Béla* (obszervátor), *Tass Antal, Szántó Béla* (munkatársak).

Az asztrofizika csillagászati alkalmazása műszertechnikai oldalról a távcsőre szerelhető spektrográfok elterjedését jelentette. Az égitestek színképének megfigyelésekor a távcsővel összegyűjtött fotonokat hullámhosszuk szerint szét kellett bontani és ezt követően detektálni. Ennek következtében egy adott fényességű csillagról lényegesen több fotont kellett detektálni, hiszen azok a spektrális felbontás miatt a detektorban sokkal nagyobb felületen oszlottak el, függetlenül attól, hogy az észlelés az emberi szem, vagy később fotólemez felhasználásával történt. Konkoly intézetében a távcsövek méretüknél fogva a fényesebb csillagokról is csak legfeljebb közepes felbontású színképek készítését tették lehetővé.

A csillagok színképe jellegzetesen egy hullámhosszban folytonos eloszlásból és az arra rakódó elnyelési vonalakból áll. A folytonos színkép sok hasonlatosságot mutat a fekete test hőmérsékleti sugárzásával, és a színkép alakját a csillag felszíni hőmérséklete határozza meg. A hőmérséklet meghatározásához

elegendő a színkép két hullámhossztartományából vett fotonszám meghatározása, amelyhez már két alkalmasan választott színszűrőn keresztül végzett fotometriai észlelés is elegendő. Fotometriai mérésekre, így a csillagok fényváltozásainak nyomon követésére már a kisebb távcsövek is alkalmasak.

Az új intézet fő profilja tehát a csillagászati fotometria lett. Elkezdődött a változócsillagok fényességének rendszeres megfigyelése. Az intézet részt vett a potsdami csillagda fotometriai programjában. Abból a célból, hogy a programhoz megfelelő segédberendezésekkel is rendelkezzenek, egy Töpfer-féle ékfotométert vásároltak, valamint egy kis, illetve nagy Zöllner-fotométert.

A csillagászati fotometria jelentősen fejlődött a 19. század végén, és az új állami intézet lépést tartott ezzel a fejlődéssel. A Harvard Obszervatóriumban készült mérésekkel összehasonlítva az Ógyallán végzett mérések átlagosan mindössze 0,1 magnitúdóval tértek el. Az államosítását követő években már felmerült, hogy az intézet felszerelését egy nagyobb reflektorral egészítsék ki, és hogy ezt a műszert az ingoványos altalajú Ógyalla helyett máshol helyezzék el. Az 1902. május 23-án e kérdésben a kultuszminisztériumban tartott értekezlet helyeselte ugyan a tervet, de az egyelőre csak terv maradt, megvalósítására nem került sor. Egy évtizeddel később a kultuszminisztérium hozzájárult ugyan a reflektor beszerzéséhez, a háború kitörése azonban a reflektor elkészítését lehetetlenné tette, mert a német Heyde-gyár, ahonnan a távcsövet beszerezték volna, 1914-ben hadiüzem lett.

1914-ben kitört az I. világháború, és a fejlődés sajnos megszakadt. A helyzet fokozatosan romlott. Az intézet alapítója és igazgatója, Konkoly Thege Miklós 1916-ban meghalt. Az Osztrák–Magyar Monarchia 1918-ban összeomlott, és ez Magyarországra nézve is súlyos következményekkel járt.

A svábhegyi intézet megalakulása

Előkészületek

A napilapok híreiből 1918. december elején tudni lehetett, hogy az újonnan alakuló csehszlovák állam csapatai a Duna vonalát Pozsonytól Párkányig szállják meg. Ez a hír tette szükségessé az intézet menekülését. A munkatársak hozzáfogtak tehát a refraktorok leszereléséhez és gondos becsomagolásához. 1919. vízkereszt napján a szállítmány már úton volt Budapest felé, ahol biztonságba helyezték azt.

A csehszlovák csapatok már 1919. január 11-én Komáromban voltak, ahol elzárták a Duna hídját. Egy nappal korábban pedig Párkánynál zárták el a vasútvonalat. Ezzel a megszállás katonai része tulajdonképpen befejeződött, amelyet a polgári közigazgatás gyors és céltudatos megszervezése követett. Az új hatalom átgondolt intézkedéseiből mindinkább sejteni lehetett, hogy a megszállás nem ideiglenes jellegű lesz.

A csillagvizsgáló átvételére dr. Georg Kaván, a prágai csillagvizsgáló adjunktusa kapott megbízást. Megállapodtak vele, hogy a csillagvizsgáló korábbi tisztségviselői „astronomes étrangers" minőségben egy ideig még a helyükön maradhatnak. 1919. március 14-én az átvétel és átadás során egy tiltakozó jegyzőkönyvet is felvettek.

A Magyar Tanácsköztársaság hadserege 1919 júniusában két ízben is betört a megszállt területre, és elérte a Komárom–Érsekújvár vonalat. Ennek során Ógyallát mindkét alkalommal elfoglalták. A tanácsköztársaság összeomlása után a terület visszakerült az új hatalom közigazgatása alá. Miután az általuk hozott új illetőségi törvény szerint az intézet korábbi tisztségviselői ógyallai illetőséggel bírtak, még a helyükön maradhattak. Ezt az időt kellett kihasználniuk egy új magyarországi intézet helyének kiválasztására.

Konkoly halála után az ógyallai intézetet vezető Tass Antalra hárult a feladat, hogy megfelelő helyet keressen az új intézet ideiglenes elhelyezésére. Három helyet is megvizsgáltak, de ez korántsem volt egyszerű feladat, minthogy Ógyalláról kellett lebonyolítaniuk.

Két kísérlet történt, 1920. június második felében, illetve az augusztus 26-tól szeptember 19-ig tartó időszakban, de egyik sem vezetett eredményre. Végül a következő hó közepén történt harmadikat siker koronázta. Ma már nyugodtan állíthatjuk, hogy az első két elhelyezésre irányuló kísérlet sikertelensége a magyar csillagászat szerencséje volt, minthogy a sikeres harmadik végül lehetővé tette a svábhegyi csillagvizsgáló felépítését.

A hely kiválasztásánál lényeges szempont volt, hogy ez alkalmas legyen nemcsak az intézet ideiglenes elhelyezésére, hanem annak tartós otthont adjon. Tekintettel kellett lenni mindazon szempontokra, amelyek fontosak egy korszerű csillagászati intézet létrehozásánál, a három megvizsgált helyszín közül csak a Svábhegy jöhetett szóba.

Abban az időben a Svábhegynek a Normafa környéki része ebből a célból minden igényt kielégített. Az akkori fővárostól nem volt túlságosan messze, ugyanakkor elég magasan fekszik ahhoz, hogy sem a gyártelepeknek, sem a fő-

város házrengetegének kéményeiből felszálló füst, korom, meleg légáramlatok már nem tették a levegőt a csillagászati megfigyelésekre teljesen alkalmatlanná.

A terület kiválasztásánál fontos szempont volt, hogy a közművek is közel voltak, úgyhogy ezek megfelelő meghosszabbítása nem látszott nehéz feladatnak. Végül, de nem utolsósorban, az is a kiválasztott hely mellett szólt, hogy voltak a közelében olyan épületek is, amelyek az intézet létesítése során személyzeti lakások, illetve egyéb intézeti szükségletek céljaira igénybe vehetők voltak.

Időközben a Vallás- és Közoktatásügyi Minisztérium műszaki ügyosztályán a nyolchüvelykes ógyallai Heyde-refraktor és egy meridiánműszer elhelyezésére szolgáló épületek tervei is elkészültek. A terveket *dr. Tóth Lajos* államtitkár elnöklete alatt 1921. március hó 1-én az illetékes minisztériumok, a székesfőváros és a tudományos testületek képviselőinek bevonásával tartott értekezlet elé terjesztették.

Az értekezleten részt vevő *Rados Gusztáv, Ilosvay Lajos, Tangl Károly* műegyetemi, *Fröhlich Izidor, Mahler Ede, Kövesligethy Radó, báró Harkányi Béla* és *Ortvay Rudolf* tudományegyetemi professzorok támogatták a csillagvizsgáló intézet újjáélesztésének gondolatát. Ideális elképzelésnek tartották az új intézet svábhegyi elhelyezését, és elfogadásra ajánlották a bemutatott terveket.

A professzorok támogató állásfoglalását követően az érdekelt minisztériumok képviselői is hozzájárultak a tervek megvalósításához, és elhatározták, hogy egyelőre egy kupola és a meridiánház építésével induljon meg a csillagvizsgáló újjáépítése. Elhatározták, hogy Konkoly Thege Miklós maradandó érdemeire tekintettel az új intézet az ő nevét fogja viselni, amit egyébként a közte és a magyar államkincstár között létrejött ajándékozási szerződés is indokolt. A székesfőváros képviselője pedig az alkalmas terület átengedését helyezte kilátásba.

Létrejön az új intézet

Budapest székesfőváros közgyűlése 1921. évi július hó 6-tól 9-ig, 11-től 14-ig és 16-án tartott ülésén úgy döntött, hogy a székesfőváros tulajdonát képező és Budakeszi község határában fekvő erdő Setétvágás nevű részéből 40 000 négyzetméternyi (6 hold és 1521 négyszögölnyi) területet a M. Kir. Kincstár részére ingyenes használatra engedi át. Kikötötte azonban, hogy ez csakis a Konkoly Alapítványú M. Kir. Csillagvizsgáló Intézet elhelyezésére és fenntartására szol-

gálhat. Ha a kormány ezt a területet mégsem az új intézet létrehozására használja, akkor annak tulajdonjoga visszaszáll a fővárosra.

A főváros által rendelkezésre bocsátott terület tökéletesen négyzet alakú, az egyes oldalak hossza 200–200 méter. Főfrontja az Eötvös és Jánoshegyi utak találkozási pontjából kiinduló és Csillebérc felé vezető dűlőútra támaszkodik, amelyet nem sokkal a munkálatok kezdete előtt a Közmunka-tanács Konkoly Thege Miklós útnak nevezett el. Az út intézetig vezető 600 m hosszú szakaszát a székesfőváros még 1925-26 folyamán makadámúttá építette ki.

1921. augusztus 17-én indultak meg az I. kupola és a meridiánház építési munkálatai, és a következő év végén fejeződtek be. Mindkét épület terveit *Sváb Gyula* h. államtitkár, a kultuszminisztérium műszaki ügyosztályának vezetője készítette. A kupola forgó felső része, valamint a meridiánház mozgó teteje a *M. Kir. Állami Gépgyárban* készült. A kupola átmérője 5 méter, a meridiánház műszertermének mérete pedig 5×4 méter.

A kupolában az Ógyalláról áthozott Heyde-féle 20 cm nyílású (nyolchüvelykes) refraktort, a meridiánházban a *M. Kir. Háromszögelő Hivatal* tulajdonát képező 68 mm nyílású Heyde-féle meridiánműszert állították fel. Természetesen mindkét észlelőhelyiségbe csillagidőt mutató ingaóra is került.

A világítás biztosítására a székesfőváros *Elektromos Műve* a svábhegyi közvilágítási hálózatot még 1922 nyarán az intézet területéig kibővítette. A közvilágítás a Svábhegyen váltóáramú volt, a műszerek számára egy kis akkumulátortelepet szereztek be, a *Tudor Akkumulátorgyár* ajándékaként. Hasonlóan, a kupola és a meridiánház belső világítását a *Magyar Siemens-Schuckert Elektromos Művek* ajándékként készítette el.

Gondoskodni kellett a meridiánházba és az első kupolába telepített műszerek őrzéséről is. E célból a meridiánház mellé altiszti lakás is épült. Ez mindenképpen az akkori rendkívül nehéz viszonyokkal magyarázható szükségmegoldás volt. Az erdőterületen épülő két első objektumot azonban nem lehetett állandó őrizet nélkül hagyni. Ennek a szükségmegoldásnak minden szakszerűtlensége csak átmeneti volt. További, végleges épületek elkészülte feleslegessé is tette.

A svábhegyi csillagvizsgáló két első objektuma hatalmas propagandaeszközül is szolgált, mert a magyar csillagászat és az intézet iránt országos érdeklődést keltett, amivel elősegítette ennek további kiépítését. A csillagda felépítésének társadalmi támogatására 1923-ban létrejött a Stella Csillagászati Egyesület, amelynek elnöke maga a természettudományokat is lelkesen felka-

roló kultuszminiszter, *gróf Klebelsberg Kunó* lett. Neki nagyon sokat köszönhetett az intézet, mivel intézményesen is biztosítani igyekezett a folyamatos megfigyelések feltételeit.

Egyébként az intézet céljaira 1 651 349 korona közadomány érkezett, amelyben a legkisebb tétel 50, míg a legnagyobb 1 000 000 korona volt. A székesfőváros tanácsa, amely területhez juttatta az intézetet, és amely a megélhetés elemi feltételeiről, a közműveknek az intézet területéig való meghosszabbításáról is gondoskodott, *Folkusházy Lajos* h. polgármester kezdeményezésére az intézet legnagyobb és a székesfőváros nevét viselő kupoláját is megépíttette.

Az Intézet központjának felépítése

1923 végén az újraindulásban maradandó érdemeket szerzett Tass Antalt nevezték ki igazgatónak. Tassnak nagy szerepe volt abban, hogy a régi ógyallai csillagvizsgáló helyett a Svábhegyen a kor követelményeinek mindenben megfelelő új intézet épült.

5. ábra: A svábhegyi Konkoly Thege Miklós Csillagászati Intézet 1926-ban elkészült főépülete. (Budapest képarchívum)

A svábhegyi intézet létrehozásakor a fővárossal nem volt a területhez csatlakozó közösségi közlekedés. Mivel a csillagászati megfigyelések túlnyomó része éjjel történt, ez szükségessé tette, hogy az alkalmazottak, de különösképpen a

tudományos személyzet az intézetben vagy ehhez közel lakjék. A lakáskérdés a svábhegyi csillagvizsgáló elszigeteltsége miatt ezért csak lakóházak építésével volt megoldható.

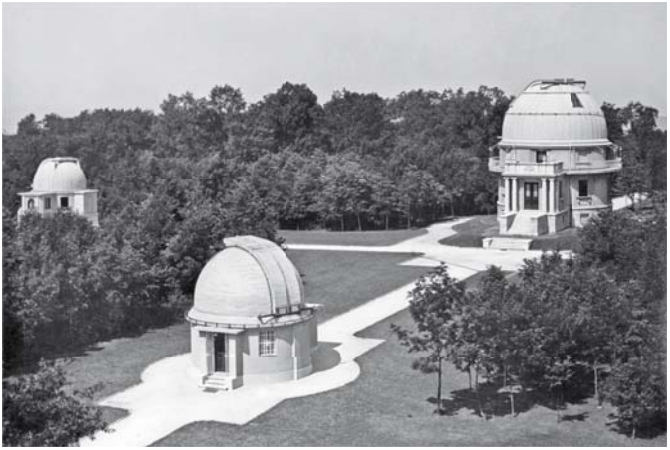
A Heyde-távcsövet befogadó kupola és a meridiánház elkészülte után az intézet nélkülözte a különböző laboratóriumokat, egy megfelelő könyvtárhelyiséget, kellő számú irodát, a műszerek karbantartásához szükséges mechanikai műhelyt és a zavartalan működéséhez szükséges egyéb berendezéseket. Mindezen szükségletek intézményes kielégítésére létesült a főépület, amely ma is az intézet központja. A Sváb Gyula h. államtitkár tervezte főépület építési munkálatai 1923 őszén kezdődtek meg, és 1926 végével adták át rendeltetésének *(5. ábra)*.

Akkoriban a svábhegyi csillagvizsgáló új főépülete egyemeletes volt, csak ennek északi és déli szárnyát képezték ki manzárdszerűen. Földszintjén (a mai Detre-terem helyén) volt a mechanikai műhely és a műszertár, továbbá két tisztviselői és egy altiszti lakás. Emeletén laboratórium volt, a fotográfiai felvételek kimérésére szolgáló mérőszoba, három iroda és a kétemeletes könyvtár bejárata, továbbá az igazgatói lakás. A manzárdszerűen kiképezett második emeleten volt a mechanikus lakása és egy előadóterem. A kettőt összekötő folyosó fölötti részt teraszszerűen képezték ki.

A pincesorban egy 120 voltos akkumulátortelepet, az Elektromos Művek transzformátorszobáját, valamint egy pincelaboratóriumot helyeztek el. Utóbbi alatt készült egy földalatti pince, amelyben a normálórák elhelyezésére szolgáló állandó hőmérsékletű óraszobát szándékoztak kiépíteni. Azt tervezték, hogy az intézet tudományos státusának növekedése arányában szükséges munkahelyeket a tisztviselői lakások irodákká alakításával biztosítják.

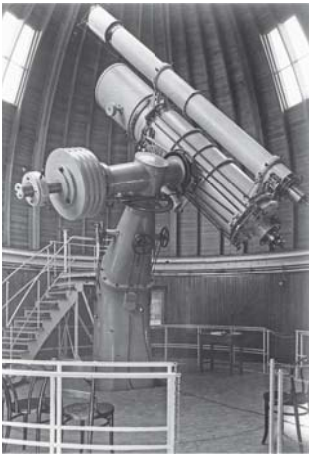
A beruházás befejezése

Ugyancsak 1926-ban láttak neki a második kisebb kupola kivitelezéséhez is, amelynek anyagi fedezetét az *Országos Természettudományi Alaptól* kapott segély biztosította. Az 5 m átmérőjű kupolában 1928 májusában felállították az ógyallai 6”-es refraktort, amely egy Zöllner-fotométerrel felszerelve lehetőséget adott a 7,5 magnitúdónál fényesebb csillagok még Ógyallán elkezdett fotometriai felmérésének befejezésére. A fotometriai program mellett a berendezés változócsillagok fényváltozásának vizuális mérésére is alkalmas volt.



6. ábra: Az intézet 1921–1928 között létrehozott három kupolája. A legnagyobb kupola a főváros anyagi támogatásával épült. (Budapest képarchívum)

1926 októberében kezdték el az új intézet legnagyobb, 60 cm-es tükrös távcsövének otthont adó kupola építését, és azt 1928 tavaszára fejezték be. Ezt a beruházást az tette lehetővé, hogy 1924 novemberében a Fővárosi Önkormányzat határozatot hozott arról, hogy a Heyde-cégtől még az I. világháború előtt megrendelt 60 cm-es tükrös teleszkóp kupolájának építését 100 000 aranykoronával támogatja. A 60 cm-es távcső szerelését 1928 május-júniusában végezték el. A 60 cm-es távcső felállításával az obszervatórium újra az európai szinten jelentős intézetek közé került *(6. ábra)*.



7. ábra: Az intézet 1928-ban átadott legnagyobb, 60 cm tükrű Newton–Cassegrain-távcsöve. (Budapest képarchívum)

Az állami támogatással beszerzett új műszer kettős távcső, amely egy 30 cm nyílású refraktorból és egy 60 cm-es tükörátmérőjű reflektorból áll *(7. ábra)*. A műszer optikáját a jénai Zeiss-művek, mechanikáját pedig a drezdai Heyde-gyár készítette. A kupolát Sváb Gyula tervezte az igazgatótól kapott adatok alapján. A kupola egyemeletes, külső magassága 14 m, belső átmérője pedig 9,5 m.

Az új svábhegyi intézethez 1921. június havában *Lassovszky Károly*t adjunktussá nevezték ki. A csillagvizsgáló igen jelentős beruházás volt, és a kezdetben igen alacsony létszám ezzel nem volt arányban. Szükségessé vált tehát további új munkatársak felvétele. A külföldi ösztöndíjakció keretében ilyenek kineveléséről a kulturális kormányzat éveken át gondoskodott.

Az 1929–1930. költségvetési esztendőben két asszisztensi és egy irodatiszti állás betöltésére nyílt lehetőség. Az asszisztensi állásokra *Krbek Ferenc*et és *Dunst (Detre) László*t nevezték ki, akik kiképzésüket a külföldi ösztöndíjakció keretében a Berlini Tudományegyetemen, továbbá a Bonni és a Kieli Csillagvizsgálókban kapták. Az irodatiszti állást *Posonyi Erzsébet* nyerte el.

A tudományos kutatásokhoz elengedhetetlenül szükséges könyvtár Ógyallán maradt. A hiányt azonban időközben sikerült pótolni: az intézetnek 1929 végén már 4560 kötetből és 1918 értekezésből álló könyvtára volt.

Hasonlóan, 1929-30-ban épült a három tisztviselői és két altiszti lakás befogadására szolgáló egyemeletes épület is. Az intézet Konkoly Thege Miklós úti főfrontján terméskő alapzatú vaskerítés létesült, az intézet területének parkosítása, gyepágyakkal való beültetése a svábhegyi obszervatóriumnak külsőleg is tetszetős képet adott. A főépület hátsó traktusával szemben a zöld gyepágyon állították fel *Pásztor János* szobrászművész Ad Astra feliratú szoboralkotását, amely jelenleg az intézet főépületének utcai frontja előtt áll.

Tudományos programok

Az intézet tisztviselői számára épített egyemeletes lakóház 1930-ra készült el. Ezzel az új intézet infrastruktúrájának létrehozása lényegében befejeződött. Az új intézet létrehozásával a magyarországi csillagászat európai mércével mérve is méltó otthont kapott. Az intézet nemzetközi rangjának kivívásához azonban az infrastruktúra önmagában kevés, ahhoz nemzetközi szintű tudományos munka és teljesítmény is szükséges.

Az első, jelentős lépést az intézet nemzetközi rangjának megteremtéséhez vezető hosszú úton az Astronomische Gesellschaft (AG) 1930. augusztus 8-tól 13-ig Budapesten tartott 29. kongresszusa jelentette. Ezen a társulat 110 tagja, az összes tagok egyötöde vett részt. A résztvevők a társulat angol, cseh, dán, finn, holland, japán, jugoszláv (horvát), lengyel, magyar, német, olasz, orosz, osztrák, spanyol, svájci és svéd tagjai közül kerültek ki.

A kongresszus tudományos szempontból legjelentősebb résztvevője *Arthur Eddington* cambridge-i egyetemi tanár, a 20. század asztrofizikájának talán legkiemelkedőbb alakja volt. Eddington az AG alelnökeként volt Budapesten, ahol őt ebben a minőségében a kongresszus megerősítette.[1]

Az augusztus 8-i délutáni ülés után a kongresszus az új svábhegyi csillagvizsgálót látogatta meg. A résztvevők a látottakról elismerően nyilatkoztak. A látogatók között volt Eddington is, aki akkorra többek között a csillagok belső szerkezetéről írt könyvéről, illetve a sugárzásukat fedező energiaforrásra vonatkozó elképzeléséről már világszerte elismert volt.

A kongresszusról a Stella folyóiratban közölt beszámolójában Tass Antal, a svábhegyi intézet akkori igazgatója nem tesz említést arról, hogy ezekről, az asztrofizikában alapvető fontosságú eredményekről valamelyik ülésszakon Eddington beszámolt volna. A Stella folyóiratban megjelent beszámolóból mindössze annyit tudunk meg, hogy augusztus 11-én délután a budapesti fizikusok felkérésére Eddington atomfizikai vizsgálatainak köréből tartott előadást a báró Eötvös Loránd Fizikai Intézetben.

A kongresszus után a „munkás hétköznapok" következtek. Az új intézetben indult tudományos programok lényegében megegyeztek a már Ógyallán elkezdettekkel, minthogy az eszközök egy része is azonos volt. A fő profil tehát változatlanul az asztrofotometria lett, és ezen belül a változócsillagok fotomet-

1 Eddington kvéker szülők gyermekeként maga is a kvéker vallási közösség tagja volt. A kvékerek az igazságot, egyenlőséget és egyszerűséget alapvető értéknek tartják. A természettudomány és természetesen a csillagászat is olyan igazság megismerésére törekszik, amelyet mindenki ellenőrizhet és elfogadhat. A napi politikai érdekeknek nincs helye benne. Eddington nem értett egyet azzal, hogy az I. világháború után 1919-ben alakult Nemzetközi Csillagászati Unióból (IAU) a vesztes hatalmak kutatói (köztük a magyarok is) kimaradtak. Ez ellen való tiltakozásul vállalta el az AG alelnöki tisztét. Az IAU első magyar tagja egyébként Detre László lett 1947-ben, a II. világháború után.

riája. A Nap rendszeres észlelése viszont kikerült a programok közül, hasonlóképpen a meteorok megfigyelése is.

A II. számú kupolába 1928-ban telepített ógyallai 6”-es refraktorra szerelt Zöllner-fotométerrel a fényes csillagok fotometriáját 1932-re befejezték. Ekkor a távcsövet leszerelték, és helyére a Podmaniczky-hagyatékból kapott 7”-es Cooke-refraktor került, amelyre egy 6”-es, illetve egy 5”-es asztrográfot szereltek. A 6”-es eredetileg az ógyallai 10”-es távcsövön volt, de az 5”-est anyagi eszközök hiányában akkor nem tudták felállítani.

A 60 cm-es távcsővel az intézet valóban korszerű eszköz birtokába jutott. Abban az időben a legnagyobb tükörátmérőjű távcső 1917-ig az Egyesült Államokban levő Mount Wilson Obszervatórium 1,5 m-es, majd ezt követően a 2,6 m-es tükrű Hooker-teleszkóp volt.

Az új 60 cm-es távcső alkalmasnak bizonyult a Naprendszer kis égitestjeinek vizsgálatára is. A távcső működésének első tíz évében már 35 új kisbolygót fedeztek fel, illetve többnek meghatározták a pályáját. Az új égitestek fényessége 6–16 magnitúdó közé esett. Minthogy a felfedezőnek jogában állt nevet adni az új objektumnak, így több kisbolygónak magyar neve lett.

Új utakon az asztrofizika

Egy intézet nemzetközi rangjának fontos jellemzője, hogy hozzá tudott-e járulni kora fontos asztrofizikai problémáinak a megoldásához, és ha igen, milyen mértékben.

A húszas években, az intézet megalakulásakor, a fizikához hasonlóan az asztrofizika is rohamléptekben fejlődött. Megszületett az extragalaktikus asztrofizika, a kvantummechanika megadta az égitestekben megfigyelhető színképvonalak létrejöttének elméleti magyarázatát. Az általános relativitáselméletre épülve megszületett a relativisztikus kozmológia. A kozmológiai problémák megoldása a legnagyobb távcsöveket igényelte. Az új 60 cm-es reflektor európai viszonylatban jelentős beruházás volt ugyan, de nem elegendően nagy a kozmológiai vizsgálatokhoz. Így ez a téma hosszú évtizedekre kimaradt az intézet tudományos repertoárjából.

A húszas évek másik fontos asztrofizikai problémája a csillagok elektromágneses sugárzásához szükséges energiatermelés forrása volt. Az akkori általánosan elfogadott elképzelés szerint a kisugárzott energia a csillag gravitációs

összehúzódása révén pótlódik. Az összehúzódás a csillag átlagsűrűségének növekedésével jár.

Ez a folyamat a számítások szerint a Nap energiaszükségletét nagyjából 20 millió évig fedezné. Ez az időtartam azonban ellentétben volt a paleontológia eredményeivel, amelyek szerint a Nap létét feltételező földi élet ennél már sokkal régebben jelen volt.

További problémát jelentett a δ *Cephei* pulzáló változócsillag pulzációs periódusának a problémája. A csillag fényváltozását *John Goodricke* angol amatőrcsillagász fedezte fel 1784-ben. Amennyiben a csillagok energiatermelését a gravitációs összehúzódás fedezi, a huszadik század elejére az eltelt, az egy évszázadnál hosszabb idő alatt a pulzáció periódusának több mint 120 másodperccel rövidülnie kellett volna. A megfigyelések azonban ezt nem támasztották alá.

Eddington 1926-ban, illetve 1927-ben a téma szempontjából két fontos könyvet jelentetett meg. Az előbbi könyve tartalmazza a pulzáló változócsillagok első átfogó elméletét, míg a második annak a lehetőségét taglalja, hogy a csillagok energiaforrása a bennük levő hidrogén héliummá történő nukleáris fúzióján alapszik.

A pulzációelmélet és a periódus-sűrűség reláció

Az Eddington által kidolgozott pulzációelmélet egyik fontos eredménye a csillag P pulzációs periódusa és ρ átlagsűrűsége közötti összefüggés: $P \cdot \sqrt{\rho} =$ állandó.

Az egyenlet alapján a gravitációs összehúzódás következtében megnövekedett sűrűség a pulzáció periódusának megfelelő mértékű csökkenését okozza. A csillag sugárzásához szükséges energia gravitációs összehúzódással történő előállításából becsülhető a sűrűség növekedésének, illetve a periódus csökkenésének mértéke.

A harmincas évek elején fénygörbéjük alakja miatt rövid periódusú cefeidáknak nevezték a ma *RR Lyrae* típusú csillagoknak nevezett változókat. Ezek pulzációs periódusa rövidebb egy napnál, gyakran csak néhány óra. Az abban az időben elérhető fotometriai mérési pontosság már elegendő volt ahhoz, hogy ezeknél a csillagoknál a δ Cepheihez hasonló viselkedésű csillagok, a cefeidák gravitációs kontrakcióból várt perióduscsökkenése sokkal rövidebb idő alatt kimutatható legyen.

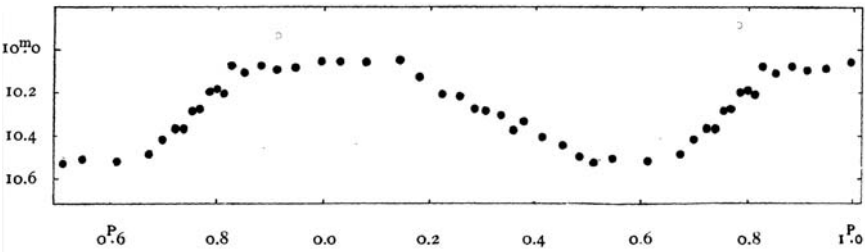
A gömbhalmazokban az RR Lyrae változók csoportosan fordulnak elő. Így ezek a halmazok kitűnő célpontjai lehetnek a gravitációs összehúzódásból adó-

dó energiatermelés bizonyításának vagy elvetésének, tekintettel arra, hogy a kontrakciós hipotézis igazsága esetén bennük a periódus csökkenésének hasonló módon kell végbemennie.

Eddington csillagok belső szerkezetével foglakozó könyvét nem sokkal megjelenése után német nyelven is kiadták. A húszas évek végén Detre László, a svábhegyi intézet későbbi igazgatója, Berlinben volt doktorandusz. Igazgató korában is nagy súlyt fektetett arra, hogy az asztrofizika legújabb eredményeiben naprakészen tájékozott legyen. Valószínű, hogy berlini ösztöndíjas korában a pulzáció elméleti alapjait lefektető könyv megjelenése sem kerülte el figyelmét.

Nincs adatunk arról, hogy budapesti látogatása során tartott-e Eddington előadást a pulzációelméletben elért legújabb eredményeiről. Azt sem tudjuk, hogy amennyiben volt ilyen előadás, azon részt vett-e Detre László, aki fiatal intézeti kutatóként egy évvel korábban került vissza berlini tartózkodásából. Az azonban nagyon valószínű, hogy személyes találkozása Eddingtonnal, az asztrofizika kimagasló alakjával nagy hatással volt rá. Tény, hogy egy évvel később, 1931-ben a svábhegyi intézet fiatal munkatársaként a 20 cm-es Heyde-refraktorra szerelt Graff-féle fotométerrel az RR Lyrae csillagok fénygörbéjében megfigyelhető esetleges változások kimutatására átfogó programot kezdett el.

A tervbe vett csillagok (SW And, W CVn, RZ Cep, XZ Dra, RR Leo, RU Psc) közül az első eredményeket az RU Pisciumról tette közzé 1934-ben *(8. ábra)*. A cikk megállapítása szerint az elért fotometriai mérési pontosság elegendő volt ahhoz, hogy a csillag fénygörbéjének alakjában vagy periódusában mutatkozó változásokat már ki lehessen mutatni. A svábhegyi intézet legnagyobb, 60 cm-es távcsövére szerelt fotografikus kamera segítségével Detre László a gömbhalmazokban levő RR Lyrae-csillagok fénygörbéiben megfigyelhető esetleges változások rendszeres észlelését is elkezdte.



8. ábra: Detre László 1931-ben elkezdett átfogó változócsillag-észlelési programjának első eredménye: az RU Piscium fénygörbéje (Detre, 1934).

A rendszeres vizsgálatokból kiderült, hogy a megfigyelt csillagok között van olyan, amelyiknek a periódusa változik, de nem a gravitációs összehúzódásból táplálkozó energiatermelésre utaló módon. Ez az eredmény tehát a gravitációs kontrakcióból adódó energiaforrást kizárta ugyan, de nem adott útmutatást arra, hogy milyen energiaforrás táplálja a csillagokat.

Karl Friedrich von Weizsäcker 1937-ben, illetve 1938-ban megjelentetett két tanulmányt a csillagokban történő nukleáris fúzióról. A kérdés azonban még 1938-ban is nyitott volt, amikor az elméleti fizikusok Washingtonban megrendezett éves konferenciája a csillagok energiatermelését tűzte napirendre. A konferencián részt vett *Hans Bethe*, aki ezt követően a csillagok energiatermelésének magyarázatára egy nukleáris fúzión alapuló modellt dolgozott ki. Ezért az elméletért 1967-ben Nobel-díjat kapott.

Detre László vizsgálataiért Nobel-díjat nem kapott ugyan, de a svábhegyi intézetet nemzetközi rangra emelte, és egy olyan rangos tudományos műhelyt hozott létre, amelyet az adott témában a világ minden intézetében ismernek, illetve elismernek.[2]

Záró gondolatok

A százéves évforduló kapcsán gyakran felteszik a kérdést, hogy a megtett útra visszatekintve mi az intézet legnagyobb teljesítménye. Szerintem az, hogy egyáltalán létezik az intézet. A létezés alatt természetesen nem azt értem, hogy Budapest egyik kellemesen szép zöldövezeti részén, a Svábhegyen, a Normafa közelében van egy 200×200 m területű, négyzet alakú elkerített terület, amelynek a bejárati kapuján ott díszeleg a tábla: Konkoly Thege Miklós Csillagászati Intézet, hanem azt, hogy az intézet a csillagászat tudományának nemzetközileg is elismert műhelye. Pedig a magyar csillagászat nem bővelkedett sikertörténetekben.

Konkoly Thege Miklós intézete azonban mégsem az ún. „magyar" sorsra példa. Az 1880-as évekre a Konkoly-féle intézet már országunk határain kívül is széles körben ismert volt. Mindez azonban nem óvta volna meg attól, hogy az alapító halála után ne a magáncsillagdák szomorú sorsában osztozzék, azaz a fokozott

2 A svábhegyi csillagvizsgáló százéves történetében még egyszer előfordult, hogy egyik munkatársa Nobel-díj súlyú témában ért el érdemi eredményt. Bővebben lásd Balázs Lajos cikkét a 2017. évi Meteor csillagászati évkönyvben.

lepusztulásban és jelentéktelenné válásban. A későbbiek szempontjából kétségkívül a döntő mozzanat az intézet állami tulajdonba vétele volt 1899. május 20-án.

Az I. világháború vége felé az ógyallai intézet már a lét és nemlét határára sodródott. 1917-ben hónapokon keresztül a tudományos személyzet egyedül Tass Antalból állott. Túlélés az ő kitartó helytállása nélkül nem lehetett volna. Az állami tulajdonon túl tehát szükséges volt még valami, amit ma leginkább „emberi tényezőként" szoktunk emlegetni.

Az állami tulajdonba vétel tette lehetővé, hogy az első világháborút követő összeomlás romjai nem temették az intézetet maguk alá. A trianoni béke ugyan elszakította Ógyallát és vele együtt a csillagvizsgálót is Magyarországtól, de az eszközök állami tulajdona teremtette meg a jogi alapot Budapestre szállításukhoz, és itt egy jogutód intézet felépítéséhez. Tass Antal és munkatársainak helytállása nélkül azonban az állam szerepvállalása nem lett volna elegendő az életben maradáshoz.

Az intézet életében a helyes döntésekhez kétségkívül mindig kellett a kedvező történelmi pillanat, de kellettek olyan emberek is, akik a lehetőségekkel élni tudtak, kitartással és elszántsággal megvalósították elképzeléseiket. Az I. világháborút követő kulturális és tudományos talpra álláshoz kellettek olyan kultuszminiszterek, mint dr. Vass és Klebelsberg, de kellettek olyan jól képzett kutatók is, akik a kor színvonalán álló intézeti kereteket ugyanennyire színvonalas tudományos tartalommal töltötték meg.

A második világháborúban is közel állt az intézet a pusztuláshoz: 1943 végén már csak az igazgatóból és két asszisztensből állott. Az intézetbe 1944. december 25-én vonultak be a szovjet csapatok. A kupolák némelyikében tábori konyha működött, volt amelyikben lovakat tartottak. Az igazgatónak három nap után azonban sikerült elérnie a szovjet parancsnokságnál, hogy a könyvtárra és néhány laboratóriumi helységre az intézet mentességet kapjon a beszállásolási kötelezettség alól.

Ezek az emberek, akik ezt a bizonyos „emberi tényezőt" megtestesítették, nem voltak mentesek persze a hibáktól sem. Igen gyakran kisszerű indulatokban és konfliktusokban forgácsolták szét az erejüket. Az intézet mindezeket mégis túlélte. Az 1956-os forradalmat követően ígéretes, fiatal tehetségek távoztak nyugatra. A súlyos tudományos vérveszteség pótlására Detre László igazgató hívására helyükre friss diplomás fiatal kutatók jöttek. 1958-ban kiharcolta, hogy a kormánytól kapott 9 millió forint támogatással elkezdődjék a piszkéstetői állomás építése.

A huszadik század talán egyik legnagyobb traumája, hogy szertefoszlott az a naiv hit, amelyet az előző század a tudománynak az emberiség általános haladásában betöltött szerepéről szőtt. A tudomány eredményeire épülő technikai haladás a totális háborúba és Hirosimába torkollott. Az intézet története mégis arra példa, hogy a csillagászat felül tudott és tud emelkedni a pillanatnyi politikai érdekeken. Meg tudja őrizni az elszántság, a kitartás, a megújulás és talpra állás erényét, amely nélkül nincs tudomány, kultúra, emberi lét.

Felhasznált irodalom

Balázs Lajos: 100 éves az MTA Csillagászati Kutatóintézete, https://konkoly.hu/staff/balazs/100ev.html

Balázs Lajos: Konkoly Thege Miklós és az asztrofizika forradalma, Meteor csillagászati évkönyv a 2016. évre

Balázs Lajos: Paál György és a kozmológia forradalma, Meteor csillagászati évkönyv a 2017. évre

Bartha Lajos: https://www.csillagaszat.hu/csilltort/magyar-csillagaszattortenet/magyar-19-20-sz-csillagaszata/a-budapest-svabhegyi-csillagvizsgalo-alapitasanak-korulmenyei-felepitese-fenntartasa/

Bethe, H. A.: Energy Production in Stars, Phys. Rev., 55, 434, 1939

Detre, L.: Die Lichtkurve von RU Piscium, Astronomische Nachrichten, 251, 27, 1934

Eddington, A.S.: The Internal Constitution of the Stars, Cambridge: Cambridge University Press, 1926

Eddington, A.S.: Stars and Atoms, Oxford: Clarendon Press, 1927

Kelényi B. Ottó: A magyar csillagászat története, A Konkoly-alapítványú Budapest-svábhegyi M. Kir. Asztrofizikai Obszervatórium Csillagászati Értekezései, 1. kötet, 2. füzet

Tass Antal: A magyar csillagászat története, Stella, 3, 73, 1928

Tass Antal: Az „Astronomische Gesellschaft" 29. kongresszusa, Stella, 5, 84, 1930

von Weizsäcker, Carl F.: Über Elementumwandlungen in Innern der Sterne I. Physikalische Zeitschrift. 38, 176, 1937

von Weizsäcker, Carl F.: Über Elementumwandlungen in Innern der Sterne II. Physikalische Zeitschrift, 39, 633, 1938

SZALAI TAMÁS

Ég veled, Spitzer! Búcsú a NASA infravörös-űrtávcsövétől[1]

Now the world has gone to bed,
Darkness won't engulf my head,
I can see by infrared,
How I hate the night.

Now I lay me down to sleep,
Try to count electric sheep,
Sweet dream wishes you can keep,
How I hate the night.

A fél világ most ágyba mén,
De hiába huny ki a fény,
Infravörösben látok én,
Gyűlölöm az éjt.

Számlálhatok éjhosszokat,
Elektromos bárányokat,
Ne is kívánj szép álmokat,
Gyűlölöm az éjt.

Douglas Adams: Az Élet, a Világmindenség, meg minden[2]

Egy távcsőnek – igen nagy valószínűséggel – nincsenek érzelmei; ha azonban mégis lennének, akkor a bő másfél évtizede a világűrben keringő Spitzer-űrtávcsőié jó eséllyel rezonálnának a *Douglas Adams* sci-fi író depressziós robotja, Marvin által költött altatódal soraira.

A küldetését 2020 januárjában befejező infravörös-űrobszervatórium a kutatói közösség számára azonban egyáltalán nem a depressziót, hanem számos érdekes újdonság és nagyszerű felfedezés örömét jelentette, jelenti. Az aktív működési időt tekintve az infravörös-űreszközök között messze rekordtartónak számító Spitzer-űrtávcső küldetése bő 16 év után zárult le. Az alábbiakban röviden összefoglaljuk az űrteleszkóp tudományos eredményekben rendkívül gazdag „pályafutását", külön hangsúlyt helyezve az örömtelien nagy számú, magyar közreműködéssel történt felfedezésre. Az írásban emellett megemlékezünk a névadó amerikai asztrofizikusról, Lyman Spitzerről, valamint az űrcsillagászat történetének néhány további fontos állomásáról is.

1 A szerző Magyar Tudományban megjelent cikkének kibővített és aktualizált változata

2 Fordította Kollárik Péter

(Infravörös) távcsöveket az űrbe!

Földünk légköre – az élővilág szerencséjére, de némiképp a csillagászok „boszszúságára" – a teljes elektromágneses spektrum csak néhány sávjában engedi át a világűrből érkező sugárzást (a látható fényben, a mikrohullámok és a rövid hullámhosszú rádiótartomány nagy részében, illetve néhány keskeny, közeli és középinfravörös sávban, lásd például Szabó, 2018). Az űrkorszak beköszöntével a csillagászok felismerték a lehetőséget, hogy a légkörön túlra juttatott eszközökkel az addig elérhetetlennek gondolt hullámhossztartományokban is esély nyílhat a Világegyetem vizsgálatára. Az első, csillagászati célú eszközöket már az 1960-as években Föld körüli pályára állították, megnyitva ezzel az űrcsillagászat korszakát (Kovács, 2009).

Az infravörös (IR) tartományban végzett megfigyelések a csillagászok számára nagyon fontosak. Míg a csillagok energiájuk nagy részét általában a látható fény tartományában sugározzák ki, a jóval alacsonyabb (néhány száz vagy csak néhány tíz K) hőmérsékletű égitestek (például bolygók, kisbolygók, csillagközi anyag) hőmérsékleti sugárzása alapvetően a hosszabb hullámhosszú régióba esik; emellett infravörös emissziós vonalakként figyelhetők meg például a molekulák forgási és rezgési átmenetei. Fontos előny a látható fény tartományához képest, hogy a csillagközi por és gáz fényelnyelési és szórási hatásait együttesen jellemző extinkció (fénygyengülés) jóval kisebb az infravörös hullámhosszakon. Így a közeli IR-tartományban (kb. 0,7–5 μm), ahol még nem a hideg por saját sugárzását látjuk, lehetőségünk van „átnézni" a porral övezett régiókon, például a csillagkeletkezési területek porburkain vagy Galaxisunk porsávjain, bepillantást nyerve azok belsejébe, illetve azok mögé. Ugyanakkor az IR-tartományban való vizsgálódásnak nehezítő tényezői is vannak: egyrészt a közép- és távoli IR-tartományban nagyon erős a naprendszerbeli por által okozott égi háttérsugárzás, másrészt, a hosszabb hullámhosszak felé haladva egyre csökken a felbontóképesség.

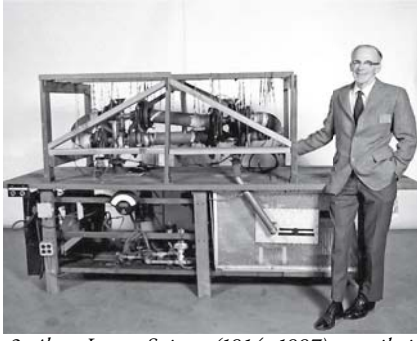
Az első jelentős infravörös-űrtávcső az IRAS (*Infrared Astronomical Satellite*, 1983) volt, amit 1995-ben a mindössze egy hónapig üzemelő, japán IRTS *(Infrared Telescope in Space)*, illetve az Európai Űrügynökség (ESA) 2,5 évig szolgálatot teljesítő, ISO *(Infrared Space Observatory)* nevű távcsöve követett. Ezek mellett a Hubble-űrtávcsövön is helyet kapott egy közeli IR-tartományban érzékeny kamera, továbbá jó néhány földfelszíni teleszkóppal is részben vagy teljesen a légkörön átjutó IR-sugárzást vizsgálják. Az első három-négy évtized

tapasztalatai és biztató eredményei után került sor 2003-ban – mintegy húszévnyi előkészületet követően – a NASA eddigi utolsó nagy űrobszervatóriuma, a *Spitzer* infravörös-űrtávcső *(1. ábra)* felbocsátására.

1. ábra: A Spitzer infravörös-űrtávcső fantáziaképe (forrás: NASA/JPL-Caltech/T. Pyle, IPAC).

A névadó: Lyman Spitzer

Az eredetileg SIRTF *(Space Infrared Telescope Facility)* néven futó misszió végleges nevét *Lyman Spitzer* (1914–1997) amerikai fizikus-csillagászról *(2. ábra)*, a nagy teljesítményű optikai távcsövek űrbe juttatásának egyik vezető kezdeményezőjéről kapta. Az ifjú Spitzer alapszintű diplomáját a Yale Egyetemen szerezte, majd egyévi, a Cambridge-i Egyetemen tett „kitérője" után – ahol ösztöndíjas tanulmányokat végzett, többek között *Arthur Eddington* (1882–1944) és az akkor még szintén fiatal *Subrahmanyan Chandrasekhar* (1910–1995) keze alatt is dolgozhatott – a Princeton Egyetemre került, ahol 1938-ban doktori címet szerzett. Karrierjének első évei egybeestek a második világháború időszakával; a legtöbb fizikushoz hasonlóan őt is bevonták a hadiipari feladatokba, konkrétan a hangalapú, víz alatti navigáló és felderítő eszközök (ismertebb nevükön szonárok) fejlesztési munkálataiban vett részt.



2. ábra: LymanSpitzer (1914–1997) amerikai fizikus-csillagász az általa tervezett sztellarátor prototípusával. Az első kísérleti eszköz 1953-ban állt működésbe a Princeton Plazmafizikai Laboratóriumban (forrás: www.iter.org)

A háború után Spitzer gyorsan hírnevet szerzett magának a tudományos világban. 1947-ben – mindössze 33 évesen, a pályázaton éppen korábbi témavezetőjét, *Henry Norris Russell*t (1877–1957) megelőzve – elnyerte a Princetoni Egyetemi Obszervatórium igazgatói posztját. Szakmai vezetőtársának jó barátját, *Martin Schwarzschild*ot (1912–1997), a többek között a feketelyuk-eseményhorizont sugarának kiszámítását lehetővé tevő mértékelméletet kidolgozó *Karl Schwarzschild* (1873–1916) fiát kérte fel; a páros egészen 1979-ig irányította az itt folyó munkát. Spitzer az elsők között vetette fel, hogy a csillagok keletkezése nem csak az Univerzum korai állapotában volt jellemző, hanem akár jelenleg is végbemehet; s hogy a csillagok keletkezése és a csillagközi anyag jellemzői szoros kapcsolatban kell, hogy álljanak egymással. A csillagok fúziós energiatermelési folyamataival (amelyeket csak néhány évvel korábban írtak le először) kapcsolatos számításai során pedig rámutatott, hogy nagy tömegű csillagok Napunknál jóval kevesebb, mindössze néhány millió évnyi (vagy akár ennél is rövidebb) idő alatt felélik magbeli hidrogénkészleteiket.

Ezen vizsgálódásai során alaposan elmélyedt az elméleti plazmafizika születőben lévő területén, s ennek hamar egyik vezető szakértőjévé vált. Asztrofizikai kutatásai mellett bekapcsolódott a Princetonon folyó, kezdetben szigorúan titkos magfúziós programba, amelyet egyetemi kollégája, a XX. század egyik legnagyobb hatású elméleti fizikusa, *John Archibald Wheeler* (1911–2008) kezdeményezett. Spitzer fejében (aki szenvedélyes hegymászó és síelő is volt) a legenda szerint egy sífelvonón ülve fogant meg a gondolat, hogy a fúziós reakciókhoz szükséges, millió fokos plazmát egy, tekercsek sorozatával előállított, erős mágneses tér segítségével lehetne ellenőrzött körülmények között tartani a laboratóriumban. Az ezen az elven működő, *sztellarátor*nak elnevezett berendezés első, működő modellje két év alatt, 1953-ra el is készült, Spitzer pedig az asztrofizikai csoport mellett egy időre a fúziós kutatások vezetője is lett. A titkosságot biztosítva a program – Spitzer hegymászó szenvedélyére is utalva – a „Matterhorn-projekt" elnevezést kapta (a szigorúan titkos státuszt 1961-ben oldották fel, azóta a program Princeton Plazmafizikai Laboratórium néven működik, és a mai napig az amerikai fúziós és plazmafizikai kutatások egyik legfontosabb színtere). A sztellarátorok a hetvenes években háttérbe szorultak a részben különböző elven működő *tokamak*ok fejlesztése miatt (amelyek hatékonysága jobbnak tűnt), de az utóbbi egy-két évtizedben újra előtérbe került az alkalmazásuk.

Visszakanyarodva a szorosabb értelemben vett csillagászathoz és jelen írásunk apropójához, Lyman Spitzer mindezek mellett a távcsövek világűrbe jut-

tatásának gondolatában és megvalósításában is úttörő szerepet töltött be. Már 1946-ban közölt egy rövid publikációt az űrcsillagászat lehetőségéről és potenciális jelentőségéről, majd a hatvanas években már konkrét programötleteket dolgozott ki és osztott meg a szakmai közösséggel. Spitzer elsődleges koncepciója egy nagy méretű, 3 méter átmérőjű űrteleszkóp (Large Space Telescope) pályára állítása volt, először azonban kisebb eszközökkel kellett tesztelni az elgondolás megvalósíthatóságát. Az első, csillagászati megfigyelésekre (is) használt kis műholdak, illetve rakétákkal a légkör felsőbb tartományaiba juttatott röntgendetektorok után a NASA (illetve az ott vezető csillagászként dolgozó *Nancy Grace Roman* [1925–2018]) által koordinált *Orbiting Astronomical Observatory* (OAO) sorozat keretében már komolynak számító csillagászati távcsövek jutottak fel a világűrbe; az OAO–3 (ismertebb nevén a *Copernicus*) nevű, 80 cm átmérőjű UV-űrtávcső szakmai programjának irányítója Lyman Spitzer volt. Az űrcsillagászati eszközök első generációjának eredményessége megnyitotta az utat Spitzer eredeti terve előtt is, így 1973-ban megkezdődhettek a (majdnem) 3 méteres űrtávcső létrehozásának előkészületei. Bár végül csak bő másfél évtizeddel később került sor az *Edwin Hubble*-ról elnevezett, azóta a világ talán legismertebb csillagászati eszközévé vált űrteleszkóp üzembe helyezésére, Lyman Spitzer még megérhette ezt a dátumot. Sőt még jócskán túl a 80. életévén aktívan részt vett a távcső felvételeinek elemzésében – élete utolsó óráiban is egy tudományos publikáció elkészítésén dolgozott…

E világból történő távozásával azonban nem ért véget a csillagászatra gyakorolt hatása; generációkat inspiráló munkásságán és úttörő ötletein túl a NASA néhány évvel később induló, minden addiginál eredményesebbnek ígérkező infravörös űrtávcsövét is róla nevezte el – olyan, Lyman Spitzer által is intenzíven vizsgált kérdésekre várva tőle választ, mint a csillagok kialakulása és fejlődése, vagy a csillagközi anyagban végbemenő folyamatok.

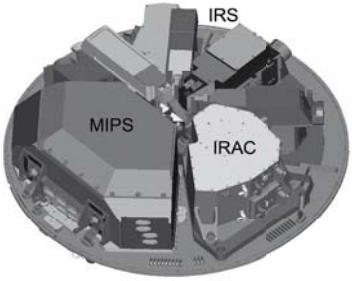
A Spitzer-űrtávcső

A 85 cm átmérőjű berillium főtükröt tartalmazó űrteleszkópot 2003 augusztusában egy, a floridai Cape Canaveral bázisról indított Delta-II hordozórakétával állították pályára (a NASA korábbi három nagy űrobszervatóriumát, azaz a Hubble-űrtávcsövet, a *Compton* gamma-űrtávcsövet és a *Chandra* röntgenűrtávcsövet az űrsiklók segítségével juttatták a világűrbe).

Szintén fontos különbség a másik három misszióhoz képest, hogy a *Spitzer* nem a Föld körül kering, hanem egy ún. Föld-követő heliocentrikus pályára állították; mozgása során így az űrtávcső évente mintegy 0,1 csillagászati egységnyivel távolodik bolygónktól. A speciális pályának köszönhetően egyrészt a Föld folyamatosan egyre kisebb területet takart ki az űrtávcső számára „látható" égboltból, másrészt mind a Föld, mind a Hold infravörös hősugárzása is egyre kevésbé zavaró.

Az infravörös tartományban a megfelelő jel/zaj arányú mérések kivitelezéséhez általában véve is nagyon fontos a hőmérsékleti zaj lehető legnagyobb mértékű csökkentése. Gondolhatnánk, hogy ehhez a világűr hidege önmagában biztosítja a megfelelő környezetet; ugyanakkor a teleszkópot nagyon felmelegíti a Napból érkező sugárzás. Ennek kiküszöbölésére egy technikai szempontból úttörőnek számító, ún. passzív (azaz fényvisszaverő anyagok és radiátorok segítségével megvalósított) hűtési rendszert alkottak meg a tervezők, amely kb. 40 K-es hőmérsékletet képes biztosítani a távcső belsejében lévő detektorok számára; ezt a technikát azóta rendszeresen alkalmazzák a csillagászati űreszközök fejlesztése során. Ez azonban önmagában a *Spitzer* legtöbb műszere szempontjából még mindig nem volt elegendő, így a teljes értékű üzemeléshez maximálisan megengedett 5,5 K-es hőmérséklet biztosításához szükség volt az eredetileg tervezett cseppfolyós héliumos hűtésre is (ugyanakkor a passzív hűtés beépítésével jelentős költségcsökkentést sikerült elérni).

Az űrtávcső három műszere a négycsatornás (3,6, 4,5, 5,8 és 8,0 μm) képalkotó *Infrared Array Camera* (IRAC), a három csatornán (24, 70 és 160 μm) képalkotó, illetve kis felbontású spektrofotométerként is használható *Multiband Imaging Photometer for Spitzer* (MIPS), valamint az 5,2–38 μm között spektrumokat és 13–26 μm között széles sávú fotometriai méréseket is rögzíteni képes *Infrared Spectrograph* (IRS); a detektorok elrendezését a *3. ábra* mutatja.

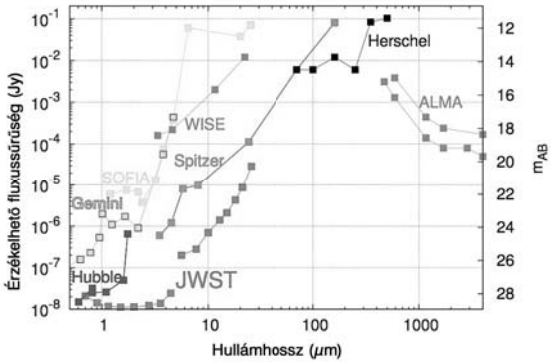


3. ábra: A Spitzer detektorai: a négycsatornás, közeli és közép-IR képalkotó kamera (IRAC); a háromsávos, közép- és távoli-IR foto- és spektrofotométer (MIPS); és a több üzemmódú, kis felbontású spektrográf (IRS) (forrás: NASA/JPL-Caltech)

2009 közepétől, a hűtőanyag előre kalkulált elpárolgása után a *Spitzer* ún. meleg üzemmódban (Warm Mission) működött tovább; ebben az állapotban csak a két legrövidebb hullámhosszú IRAC-csatornán lehetett méréseket végezni.

Az űrtávcsővel azonban a csökkentett üzemmódú időszakban is rendkívül értékes eredmények születtek, ezért a küldetést az eredeti tervekhez képest többször is meghosszabbították. Végül a költségvetési megszorítások és más projektek (elsősorban a James Webb-űrtávcső, azaz a JWST) kiadásainak megnövekedése miatt a NASA először egyéb szervezeteket próbált bevonni a továbbra is komolyabb technikai probléma nélkül üzemelő űrtávcső működtetésébe; majd, miután ez sikertelennek bizonyult, 2020. január végén hivatalosan is lezárta a programot.

Műszeregyüttesével a *Spitzer* hiánypótló volt az infravörös-csillagászatban *(4. ábra)*, elsősorban a 3,6–24 μm közötti, azaz középinfravörös (közép-IR) tartományban. Bár működésével (részben) párhuzamosan a japán Akari (2006–2011) és az amerikai WISE (*Wide-field Infrared Survey Explorer*, 2009–2011, majd 2013. óta meleg üzemmódban, NEOWISE néven futó) űrtávcső, a NASA egyik repülőgépére telepített SOFIA távcső, valamint néhány földfelszíni távcső (pl. a Gemini) is végez-végzett közép-IR megfigyeléseket, ezek sem érzékenységben, sem hullámhossz-lefedettségben nem érték el a *Spitzer* képességeit.



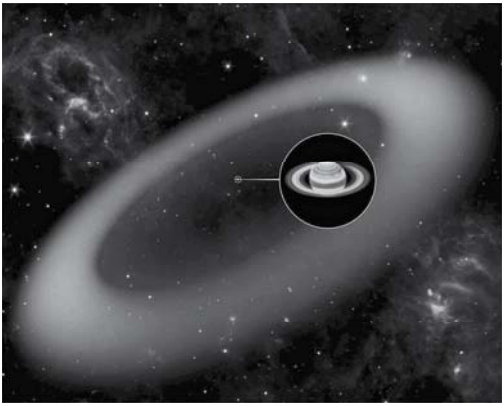
4. ábra: A közelmúlt, a jelen és a közeljövő infravörös csillagászati eszközei érzékenységét összehasonlító diagram. A 3,6-24 mikrométeres tartományban a Spitzer-űrtávcső volt az eddigi legérzékenyebb eszközünk, ezen a téren a James Webb-űrtávcső hoz majd újabb jelentős előrelépést.

Az alábbiakban e nagyszerű űrtávcső bő másfél évtizednyi adatrögzítésének eredményeiből válogatunk átfogó, de közel sem mindenre kiterjedő módon.

Naprendszerbeli égitestek vizsgálata

Bár az űrtávcső szót először hallva sokan arra gondolhatnak, hogy egy ilyen eszközzel csak az emberi ésszel felfoghatatlanul távoli világok titkait kutatják a csillagászok, ez nincs így. Más űreszközökhöz, pl. a Hubble-űrtávcsőhöz hasonlóan a *Spitzer* látóterébe is sokszor kerültek szűkebb kozmikus környezetünkben lévő égitestek – s ezekről számos, korábban nem ismert érdekesség derült ki.

A *Spitzer*rel dolgozó kutatók az egyik leghíresebb felfedezést sokak kedvenc bolygója, a Szaturnusz kapcsán tették (Verbiscer és mtsai, 2009): egy óriási, a bolygó körül 6–12 millió km közötti térrészben húzódó porgyűrűt sikerült kimutatniuk *(5. ábra)*. Az eddig ismeretlen gyűrű anyaga minden bizonnyal a benne keringő Phoebe holdból ered, s egyúttal magyarázatul szolgálhat egy másik hold, a „kétarcú" (egyik felén sötét, másik felén világos) Iapetus régi rejtélyére: a gyűrű sötét, poros anyagának egy része hullhat a forgásával ellentétes irányban keringő kísérő felszínére.

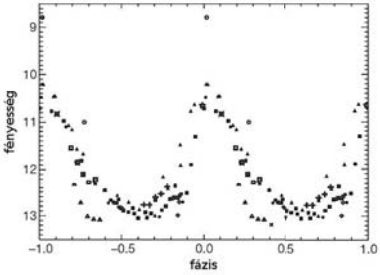


5. ábra: Fantáziakép a Szaturnusz óriási, a bolygótól 6–12 millió km közötti sávban húzódó, a Spitzer felvételei előtt nem ismert porgyűrűjéről; a kép közepén kinagyítva a planétának a Keck-távcsővel készített, közeli infravörös képe látható (NASA/JPL-Caltech/R. Hurt, SSC)

A *Spitzer* emellett lehetővé tette a látható fény tartományában csak nehezen vizsgálható (sötét felszínű, hideg, kis méretű) aszteroidák alakjának és szerkezetének pontosabb meghatározását. Ilyen vizsgálatok során nyert bizonyítást többek között az az elképzelés, hogy a kisbolygók tömör sziklák helyett inkább szivacsosabb, „kőrakás szerkezetű" testek; de így sikerült például megállapítani – magyar kutatók vezetésével, a *Spitzer* mellett a *Kepler*- és *Herschel*-űrtávcsövek adataival – a Neptunusz Nereida nevű holdjának közelítő alakját és felszíni hőmérsékletének eloszlását (Kiss és mtsai, 2016) is.

Távoli csillag- és bolygórendszerek

A Spitzer-űrtávcső segítségével elért eredmények jelentős részben fiatal, születőben lévő csillag- és bolygórendszerekhez, valamint távoli csillagok már kialakult bolygóihoz (exobolygók) kötődnek. Előbbiek esetében főként a fiatal csillagok körüli korongok hősugárzásának elemzésével lehet szerkezetükre és dinamikájukra, azok alapján pedig a bennük zajló folyamatokra (például bolygókeletkezés, bolygócsírák ütközése, csillag-korong kölcsönhatások) következtetni. A *Spitzer* megfigyelései segítségével sikerült például fényt deríteni arra, hogy milyen módon alakulhatnak ki bolygók szoros kettőscsillagok körül (Trilling és mtsai, 2007), hogy a protoplanetáris korongokban akár néhány hét alatt is komoly dinamikai változások mehetnek végbe (Muzerolle és mtsai, 2009), illetve hogy mennyire romboló hatással vannak a forró óriáscsillagok a körülöttük lévő porkorongokra, gyakorlatilag lehetetlenné téve a bolygókeletkezést ezekben a rendszerekben (Balog és mtsai, 2006). Ez utóbbi tanulmányt Balog Zoltán (SZTE, majd University of Arizona/MPIA Heidelberg) személyében egy honfitársunk vezette; s büszkeséggel jelenthető ki, hogy a magyar csillagászok ebben a témakörben számos további rangos, a Spitzer-űrtávcső méréseire épülő szakcikk létrejöttében játszottak-játszanak – sokszor vezető – szerepet (pl. Ábrahám Péter, Kiss Csaba, Kóspál Ágnes, Kun Mária, Moór Attila – mind CSFK Csillagászati Intézet; Apai Dániel, Gáspár András – University of Arizona; Juhász Attila – MPIA Heidelberg/Leideni Egyetem; Szulágyi Judit – ETH Zürich). Arra pedig, hogy nemcsak a kialakulóban lévő bolygók és a nekik helyet adó csillagkörüli korongok, hanem maguk a fiatal csillagok is okozhatnak meglepetést az infravörös tartományban végzett megfigyelések során, kiváló példa az LRLL 54361 jelű, mindössze kb. százezer éves csillag IR-luminozitásának nagy mértékű, feltehetően a rendszerben zajló tömegáramlási folyamatok hatására bekövetkező, periodikus változása (*6. ábra*, Muzerolle és mtsai, 2013).



6. ábra: Az LRLL 54361 fiatal csillag 25,34 napos periódussal feltekert infravörös fénygörbéje. Az eltérő szimbólumokkal jelölt pontok különböző műszerekkel (Spitzer IRAC és MIPS, HST WFC3) és infravörös hullámhosszakon – 1,6, 3,6 és 24 μm-en – végzett méréseket jelölnek. A 24 μm-es és az 1,6 μm-es mérések adatai +7,3 és -5,3 magnitúdóval el vannak tolva, hogy a többi méréssel azonos skálán lehessen ábrázolni őket. (forrás: Muzerolle és mtsai)

A már „kiforrott” állapotban létező bolygórendszerek esetén az infravörös tartományban a csillag fénye jóval kevésbé „nyomja el” a bolygó(k) hősugárzását, így lehetőség van exobolygók kimutatására akár közvetlenül vagy fedési fénygörbék segítségével: a fedési rendszer infravörös összfényessége periodikusan csökken, amikor a bolygó tőlünk nézve a csillag mögött halad át. Ilyen jellegű megfigyelések alapján számos bolygó(jelölt) csillagtól való távolságát, méretét, hőmérsékletét lehetett pontosítani; például *Spitzer*-adatok alapján sikerült többek között elkészíteni az első „exobolygó-hőtérképeket” (Fortney & Marley, 2007; Knutson és mtsai, 2007). Szintén úttörő eredménynek számított, hogy az általában néhány tíz, esetleg néhány száz fényév távolságban azonosított exobolygókon túl egy tőlünk kb. 13 ezer(!) fényévnyire lévő planétát is sikerült felfedezni a gravitációsmikrolencse-hatás[3] észlelésével, az OGLE égboltfelmérés és a *Spitzer* adatainak kombinálásával (Shvartzvald és mtsai, 2015). Az egyik legjelentősebb, exobolygókkal kapcsolatos felfedezés pedig az űrtávcső pályafutásának utolsó éveire esett: mérési adatainak hála sikerült azonosítani a mindmáig egyedülálló TRAPPIST-1 rendszer hét, Föld-szerű bolygójából négyet (Gillon és mtsai, 2017), valamint vizsgálni a planéták átlagsűrűségét és így – közvetve – lehetséges víztartalmukat (Grimm és mtsai, 2018). Mindezeken túl a *Spitzer* adatai fontos szerepet játszottak közeli csillagok (pl. a Vega és a Fomalhaut, Su és mtsai, 2013) körüli, a mi Napunk Kuiper-övezetéhez hasonló törmelékkorongok vizsgálatában is.

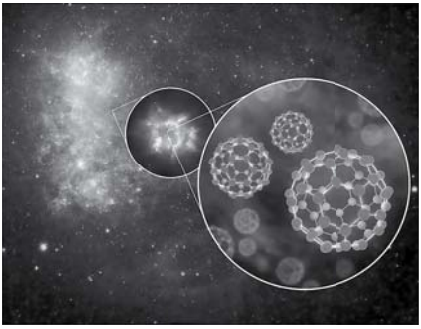
Kémiai analízis: vízmolekuláktól a fullerénekig

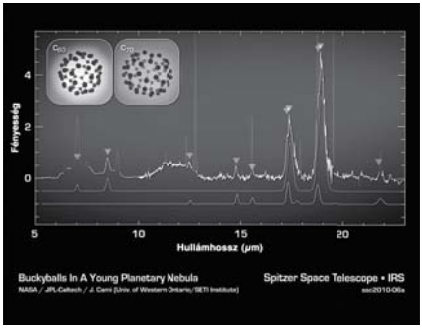
Külön fejezetet érdemelnek a *Spitzer*hez kapcsolható spektroszkópiai eredmények. Ahogy fentebb említettük, a közeli és közép-IR-tartomány kiválóan alkalmas molekulák energiaátmeneteinek megfigyelésére. A *Spitzer*rel több exobolygó légkörében sikerült például vízgőz jelenlétét kimutatni (egyelőre

3 Amikor a megfigyelő számára egy csillag éppen egy másik, jóval távolabbi forrás előtt halad el, az előtérben látszó csillag gravitációs hatása rövid időre felerősíti („fókuszálja”) a háttércsillag fényét. Ha az előtércsillagnak van egy bolygója is, akkor a kialakuló mikrolencse-jelenséget befolyásolja a planéta gravitációs hatása (egy keskeny, járulékos csúcs jelenik meg a fénygörbén), amelyből annak tömege és pályájának sugara is becsülhető.

nem Föld-szerű bolygóknál, hanem a csillagukhoz rendkívül közel keringő, ún. „forró jupiterek” esetén, lásd például Tinetti és mtsai 2007), míg magyar kutatók vezetésével két nagy visszhangot kiváltó (a *Science*, illetve a *Nature* folyóiratokban közölt) tanulmány is született fiatal csillagok körüli korongokban lévő kristályos anyagok jelenlétéről és keletkezési folyamataikról (Apai és mtsai, 2005; Ábrahám és mtsai, 2009).

A *Spitzer* segítségével nemcsak a bolygólégkörök, hanem – a névadó Lyman Spitzer egyik legfőbb kutatási területéhez is kapcsolódóan – a csillagközi anyag kémiai jellemzői is részletesen vizsgálhatók. Az IRS detektor által felvett színképek segítségével többek között az ún. sokgyűrűs aromás szénhidrogének[4] (PAH-ok) jelenlétére és mennyiségére utaló jeleket lehet keresni, és amelyek megtalálása nemcsak saját Tejútrendszerünkben, de tőlünk több milliárd fényévre lévő galaxisokban is sikerült (Li, 2020). A molekulákkal kapcsolatos, talán legmegdöbbentőbb felfedezés azonban az volt, hogy a csillagközi térben és planetáris ködökben sikerült kimutatni – a Földön mesterséges körülmények között is először csak az 1980-as években előállított – fullerénmolekulák (60 vagy akár még több atomból álló „szénlabdák”) színképi nyomait (*7a-7b. ábra*, García-Hernández és mtsai, 2010).





7a-7b. ábra: C_{60} és C_{70} fullerénmolekulák rezgési átmeneteinek nyomai egy fiatal planetáris köd infravörös spektrumában (forrás: NASA/JPL-Caltech)

4 Összekapcsolódó széngyűrűkből álló molekulák; a Földön elsősorban fosszilis anyagok üledékeiben és égéstermékeiben találhatók meg, az emberi szervezetre többnyire erősen károsító hatásúak. Ugyanakkor szerves molekulákként fontos szerepet játszhattak a biológiai fejlődéstörténetben is.

A Tejútrendszer és más galaxisok

A *Spitzer*rel végzett vizsgálatok a Tejútrendszer, valamint más galaxisok feltérképezésében is úttörő jelentőségűek. Saját Galaxisunk síkjában az optikai tartományban gyakorlatilag nem lehet keresztüllátni a vastag porsávokon, de a közeli és középes-IR-tartományban ez működik – ez alapján sikerült például sokkal alaposabban megismerni a Tejútrendszer spirálszerkezetét (Benjamin, 2008).

A Spitzer küldetésének egyik, talán legnagyobb szabású programja, a GLIMPSE *(Galactic Legacy Infrared Mid-Plane Survey Extraordinaire)* keretében pedig az IRAC kamera négy szűrőjével készített, összesen csaknem félmillió(!) felvétel segítségével immár 360 fokos kép áll rendelkezésre a galaktikus síkról, korábban soha nem látott részleteket – például csillagkeletkezési régiók belsejét és azokban a csillagszél által buborékszerűen „összefújt" gázfelhőket, ősi szupernóva-maradványok fátyolszerű struktúráit, vagy éppen a központi fekete lyuk vidékét – feltárva (a végső mozaikképek elérhetők a projekt weboldalán is).

Szintén a *Spitzer* segítségével sikerült minden eddiginél távolabbi galaxisokat és galaxishalmazokat azonosítani, valamint kimutatni, hogy az Univerzum első galaxisai sok mindenben különbözhetnek a később keletkezőktől: egy részük porban nagyon gazdag, sokuk pedig elképesztően nagy mennyiségben bocsát ki ionizáló sugárzást (De Barros és mtsai 2019). Ugyanakkor infravörösben néhány jól ismert, közeli galaxis is egész más arcát mutatja, mint látható fényben (pl. Gordon és mtsai, 2008).

Fekete lyukak, szupernóvák és kozmológia

Űrtávcsövekkel bizonyos objektumok és események még több százmillió (vagy akár több milliárd) fényévre lévő galaxisokban is megfigyelhetők. Ilyenek például a csillagvárosok centrumaiban lévő, gigantikus fekete lyukak. Közvetlenül persze nem ezeket, hanem a környezetükben zajló anyagáramlási és sugárzási folyamatok jeleit lehet észlelni. A *Spitzer* e téren is tudott új információkat szolgáltatni, például arról, hogy a fiatal, aktív galaxismagok környezete szinte pormentes volt, ellentétben az Univerzum közelebbi szegleteiben megfigyelhetőkével (Jiang és mtsai, 2010).

Az infravörös tartomány fontos a nagy tömegű, illetve kettős rendszerekben lévő csillagok életét lezáró szupernóva-robbanások késői nyomon követéséhez is. Míg látható fényben a táguló és hűlő maradványok a robbanást követően néhány hónap alatt elhalványulnak, infravörösben még évekig vagy akár évtizedekig is követhetők. Emellett az IR-tartományban speciális asztrofizikai folyamatok (például porképződés, lökéshullámok kölcsönhatása a csillagkörüli anyaggal) is vizsgálhatók; a témában szintén fontos, magyar vezetésű publikációk születtek (összefoglalóként lásd: Szalai, 2010; Szalai és mtsai, 2018). A *Spitzer* által biztosított hosszú időtávú vizsgálatok emellett új típusú tranziens asztrofizikai objektumok létét is felfedték; így például a látható tartománybeli forrásként nem azonosított, ugyanakkor közép-IR tartományban csaknem a szupernóvákéval vetekedő fényességű SPRITE-okat (eSPecially Red Intermediate Luminosity Transient Event, Kasliwal és mtsai, 2017).

A csillagászat egyik legrégibb és legösszetettebb problémájához, a kozmológiai távolságméréshez ugyancsak fontos hozzájárulást adtak a *Spitzer* adatai: ezek segítségével nagymértékben csökkenteni lehetett a Tejútrendszerben, illetve a Nagy-Magellán-felhőben ismert cefeida változócsillagok periódus-fényesség relációjának szórását (Freedman és mtsai, 2012), ami a kozmikus távolságskála meghatározására szolgáló egyik legfontosabb módszer használatában jelentett komoly előrelépést.

A Spitzer-űrtávcső hagyatéka és az infravörös (űr)csillagászat jövője

A *Spitzer*-űrtávcső rendkívül sikeres küldetésének végül nem valamilyen műszaki meghibásodás miatt, hanem pénzügyi okokból lett vége. Már 2014-ben felvetődött, hogy az akkor 17 millió dollár éves költségvetéssel működtetett űrtávcső a NASA más, folyamatban lévő programjai mellett már nem finanszírozható tovább. A misszió irányítóinak azonban sikerült úgy átalakítani a pénzügyi terveket (alapvetően a földi irányításhoz szükséges költségek csökkentésével), hogy egy évi 11 millió dolláros költségvetést sikerült lerakniuk az asztalra, amivel bő öt évvel sikerült kitolniuk az űrtávcső programjának végét (ez már csak azért is nagyon szerencsés fordulat volt, mert a James Webb-űrtávcső (JWST) akkor 2018-ra tervezett indítása komolyan csúszik, és a helyzet jelenlegi állása szerint csak 2021 második felében küldik majd fel a világűrbe). Ezután viszont már nem volt lehetőség a további hosszabbításra, így 2020. ja-

nuár 30-án, helyi idő szerint 17:34 perckor a kaliforniai Pasadenában lévő Jet Propulsion Laboratory (JPL) vezérlőközpontjából elküldték az utolsó, teljes körű leállítást kezdeményező parancsot az űrtávcső számítógépének *(8. ábra)*, ezzel a küldetés hivatalosan is befejeződött.

8. ábra: Joseph Hunt, a Spitzer-űrtávcső projektmenedzsere kiadja az utasítást a Spitzer leállítására (2020. január 30., Pasadena, JPL irányítóközpont, Kalifornia; forrás: NASA)

A Spitzer-űrtávcső működése során rögzített adatok feldolgozása ugyanakkor még hosszú évekig munkát ad majd a csillagászoknak. Az űrtávcső felvételei és színképei – több más űrtávcsöves programéhoz hasonlóan – szinte teljes mértékben publikusan hozzáférhetők a szöveg végén megadott weboldalakon (a nyers, ill. némi előfeldolgozáson átesett adatok a *Spitzer Heritage Archive*, a kiredukált IRS-spektrumok a *CASSIS* nevű adatbázisban érhetők el). Hónapokkal a program leállítása után is számos fontos eredmény került publikálásra, amelyek a *Spitzer* mérési adatai nélkül nem jöhettek volna létre – hogy csak néhány példát emeljünk ki: az extrém forró (kb. 4300 K), légkörében a H_2-molekulák szétesésének jeleit mutató KELT-9b exobolygót (Mansfield és mtsai, 2020), egy közeli barna törpecsillag légkörében való „szélsebesség” megmérését (Allers és mtsai, 2020), vagy épp két szupernagy tömegű fekete lyuk egymás körüli „táncát” egy távoli galaxis aktív magjában (Laineetal, 2020). Szintén a Spitzer-űrtávcső jelentőségét támasztja alá, hogy a legnívósabbnak tekinthető csillagászati szakfolyóirat, a *Nature Astronomy* szerkesztősége a lap 2020. áp-

rilisi és májusi számaiban is több összefoglaló tanulmányban tekintette át az űreszköz segítségével elért tudományos eredményeket.

Mindezeken túl a *Spitzer* küldetése során szerzett tapasztalatok, és az űrtávcső segítségével elért eredmények elsődleges fontosságúnak számítanak a következő évtizedek csillagászatában, amelyet várhatóan minden eddiginél nagyobb arányban fognak meghatározni az infravörös tartományba eső megfigyelések. A James Webb-űrtávcső neve valószínűleg minden, a csillagászat iránt érdeklődő olvasó számára ismerősen cseng; s bár ez az „ismertség" egyelőre leginkább az elhúzódó előkészületeknek és a rendkívüli mértékben megnövekedett – mostanra már a 10 milliárd dolláros határt is elérő – költségvetésnek szól, joggal bízhatunk benne, hogy hamarosan a Világegyetem ismert és ma még nem ismert részleteinek feltárásával kápráztat el majd mindannyiunkat. A 6,5 méter főtükör átmérőjű JWST az eddigi legnagyobb apertúrájú űrtávcső lesz (a ranglista-első pozíciót a 3,6 m-es *Herschel* nevű, távoli infravörösben érzékeny űrteleszkóptól átvéve), amely folyamatos hullámhossz-lefedettségű, minden eddiginél jobb felbontású és érzékenységű képalkotást és spektroszkópiai adatrögzítést tesz majd lehetővé 600 nm-től egészen 28,5 μm-ig. A *Spitzer* utolsó két-három évében kezdeményezett észleléseinek jelentős része azt célozta, hogy segítségükkel megfelelő gondossággal meg lehessen tervezni a JWST – várhatóan „patikamérlegen" kimért – megfigyelési programjait.

Mindezen fantasztikusnak ígérkező lehetőségek két téren azért mégiscsak szűkösebbek lesznek a *Spitzer*énél, ezek pedig a várható élettartam és a látómező mérete. (Utóbbi azért a *Spitzer* esetében sem volt igazán nagy; az IRAC detektor 5,2×5,2 ívperces látómezejénél azonban a JWST közeli, ill. közép-IR tartományra tervezett NIRCam és MIRI nevű műszerei kb. háromszor, ill. tízszer kisebb égterületet látnak majd.)

Nagy látómezejű infravörös felmérések céljából a következő években több eszközt is terveznek az űrbe küldeni (*Euclid* – tervezett indítás: 2022; *SPHEREx* – tervezett indulás: 2024; *Nancy Grace Roman Space Telescope*, korábbi nevén Wide-Field Infra Red Survey, azaz WFIRST – tervezett indítás: 2025), ezek ugyanakkor csak a közeli infravörös tartományban lesznek érzékenyek (az *Euclid* és a *Roman Telescope/WFIRST* 2 μm-ig, a SPHEREx pedig 5 μm-ig). Ha pedig ezen eszközök közül bármelyik is csak harmad-negyedannyi ideig szolgáltat majd értékes adatokat a kutatói közösség számára, mint a *Spitzer* tette, akkor a csillagászat történetének újabb sikeres fejezeteivel gazdagodhatunk majd.

Kapcsolódó internetes oldalak:

A Spitzer-űrtávcső weboldala: http://www.spitzer.caltech.edu/

Spitzer Heritage Archive: http://sha.ipac.caltech.edu/

CASSIS (Spitzer IRS-adatbázis): https://cassis.sirtf.com/

A Tejútrendszer infravörös feltérképezését célzó program (GLIMPSE) képei: https://irsa.ipac.caltech.edu/data/SPITZER/GLIMPSE/

A Spitzer-űrtávcső eredményeivel kapcsolatos cikkek a csillagaszat.hu hírportálon: https://www.csillagaszat.hu/tag/spitzer/

Irodalomjegyzék:

Magyar nyelvű források:

Kovács J. 2009, Feltárul a Világegyetem – Természet Világa különszám, 48–53. o.

Szabó R. 2018, Magyar Tudomány, 179, 8, 1141–1151. o.

Szalai T. 2010, Fizikai Szemle, 12, 399–404. o.

Szalai T., Zsíros Sz., Vinkó J. 2018, Természet Világa, 8, 361–365. o.

Angol nyelvű források:

Ábrahám P. és mtsai 2009, Nature, 459, 224

Allers K. N. és mtsai 2020, Science, 368, 169

Apai D. és mtsai 2005, Science, 310, 834

Balog Z. és mtsai 2006, ApJL, 650, L83

Benjamin R. A. 2008, AAS Meeting #212, id.86.01; BAAS, 40, 266

De Barros S. és mtsai 2019, MNRAS, 489, 2355

Fortney J. J., Marley M. S. 2007, ApJL, 666, L45

Freedman W. és mtsai 2012, ApJ, 758, 24

García-Hernández D. A. és mtsai 2010, ApJL, 724, L39

Gillon M. és mtsai 2017, Nature, 542, 456

Gordon K. D. és mtsai 2008, ApJ, 682, 336

Grimm S. L. és mtsai 2018, A&A, 613, A68

Jiang L. és mtsai 2010, Nature, 464, 380

Kasliwal M. M. és mtsai 2017, ApJ, 839, 88

Kiss Cs. és mtsai 2016, MNRAS, 457, 2908

Knutson H. A. és mtsai 2007, Nature, 447, 183

Laine S. és mtsai 2020, ApJL, 894,L1

Li A. 2020, Nature Astronomy, 4, 339

Mansfield M. és mtsai 2020, ApJL, 888, L15

Muzerolle J. és mtsai 2009, ApJL, 704, L15

Muzerolle J. és mtsai 2013, Nature, 493, 378
Shvartzvald Y. és mtsai 2017, ApJL, 840, L3
Su K. és mtsai 2013, ApJ, 763, 118
Tinetti G. és mtsai 2007, Nature, 448, 169
Trilling D. E. és mtsai 2007, ApJ, 658, 1289
Verbiscer A. J., Skrutskie M. F., Hamilton D. P. 2009, Nature, 461, 1098

SZABADOS LÁSZLÓ

Asztrometria 21. századi módon

Bevezetés

Az utóbbi évtizedekben szinte hónapról hónapra újabb szenzációs csillagászati felfedezéseket jelentenek be, amelyek többségét a kozmikus térség kutatásában jelenleg „legdivatosabb" témákban érik el. Melyek is ezek?

- A Naprendszer kisebb-nagyobb égitestjeinek (bolygók, törpebolygók, holdak, kisbolygók, üstökösök stb.) alapos, akár helyszíni vizsgálata;
- A Naprendszeren kívüli bolygók (exobolygók) felfedezése minél nagyobb számban, köztük a Földhöz hasonló, élet hordozására alkalmas planétáké – e sorok írásakor már közelít a 4300-hoz az ismert exobolygók száma –, ezzel együtt a bolygók és bolygórendszerek kialakulási folyamatának megértésére irányuló, részben elméleti kutatások;
- A csillagkeletkezés részletkérdéseinek megválaszolása, a csillagképződési folyamat tömegtől és a környezet tulajdonságaitól való függésének megértése, főleg az infravörös hullámhosszokon végzett megfigyelésekkel;
- Nagy energiájú – gamma- és röntgensugárzással, illetve gravitációs hullámok kibocsátásával járó – asztrofizikai folyamatok észlelése, elemzése és magyarázata;
- Az Univerzum nagy skálájú szerkezete, múltja és jövőbeli sorsa, beleértve a sötét anyag és sötét energia természetének tisztázására irányuló erőfeszítéseket is.

Az iménti felsorolásban láthatóan nem szerepel a tanulmány címében említett *asztrometria*i téma. Sokan azt gondolják ezért, hogy az égitestek pozíciójának meghatározásával foglalkozó asztrometria, a csillagászat évszázadok-évezredek óta űzött klasszikus ága leértékelődött a csillagászat később kialakult és napjainkban virágzó területei, az asztrofizika, a kozmológia és a planetológia mellett. E tévhit cáfolatául alább igyekszünk megmutatni, hogy az asztrometria szerepe napjainkban minden korábbinál fontosabb, hiszen az egész Univerzum megismerése asztrometriai alapokra épül. Elegendő csak

arra hivatkozni, hogy a kozmikus távolságok meghatározása szögmérésen alapul, a geodéziában általánosan használt háromszögelés mintájára. Két egyformán fényes (vagy inkább egyformán halvány) csillag nem szükségszerűen azonos távolságban van tőlünk. A csillagok luminozitása (fényteljesítménye, az időegység alatt kisugárzott energiája) ugyanis a csillag méretétől és hőmérsékletétől egyaránt függ, így sok-sok nagyságrendet fog át. Ha egy égi objektum (nem feltétlenül csillag, lehet csillaghalmaz, galaxis, kvazár, de bármely más égitest vagy jelenség is) távolságát nem ismerjük, fizikai jellemzőinek többségére, pl. méretére, tömegére vonatkozóan sem tehetünk határozott kijelentést.

Ám a pontos pozíciómérés nem csak ezért fontos a csillagászatban. Napjainkban a megfigyelések jó része nagy átmérőjű távcsövekre szerelt érzékeny detektorok segítségével történik. Ezekkel a berendezésekkel elképesztően halvány objektumok is láthatóvá válnak. A szinte megszámlálhatatlan halvány (és még halványabb) csillag közötti eligazodáshoz pedig egészen pontosan kell ismerni mindegyikük égi pozícióját. A Tejútrendszerben becslések szerint 200 milliárd csillag lehet. A távolabbi galaxisokban látszó csillagok ráadásul kis térszögbe zsúfolódva, „egymás hegyén-hátán" helyezkednek el.

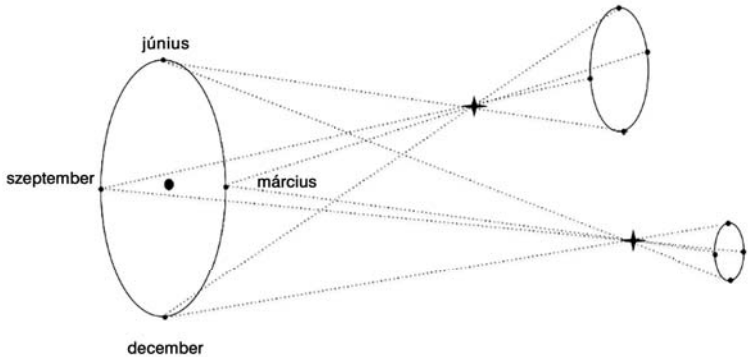
Ha pedig egyszer végre sikerül is pontos koordinátákat meghatározni, a csillagászok akkor sem nyugodhatnak meg, mivel az égitestek helyzete különféle okok miatt időben is változik. A Föld forgástengelyének 25 770 éves periódusú precesszió és a sokkal rövidebb időskálájú, de random módon bekövetkező pólusingadozás minden égitest látszó égi helyzetét befolyásolja. De maguk az égitestek is mozognak a térben, égi helyzetük ezért egyedi módon is változik, az ebből adódó koordinátaváltozást az ún. sajátmozgás írja le. Ez tulajdonképpen a térbeli mozgásnak az égbolt érintősíkjába eső vetülete. Nagyon gyakori továbbá, hogy két vagy több csillag gravitációsan kötött. Az ilyen rendszerekben az egyes csillagok a rendszer tömegközéppontja körüli keringésük miatt is változtatják helyüket az égen. A pálya menti mozgás következtében fellépő koordinátaváltozás természetesen egészen csekély is lehet, akár a kimutathatóság határa alatt is maradhat, de éppen ez utóbbi elkerülése érdekében lényeges az asztrometriai mérési pontosság fokozása. És fizikailag összetartozó rendszert nemcsak két (vagy több) csillag alkothat, az imént leírtak érvényesek egy csillag és a hozzá tartozó bolygó(k) rendszerére, sőt a csillaghalmazokra is. Az égitestek helyzetét leíró koordináták változását relativisztikus effektusok, közte a gravitációslencse-hatás is okozhatja.

Távolságmeghatározás pozíciómérésből

A biológiai evolúció során szerencsére úgy alakult, hogy a fejlett élőlények a távolságot is képesek érzékelni – legalábbis a létükhöz szükséges térbeli skálán. Ezt úgy érik el, hogy két szemmel nézve a közelebbi tárgyak egymástól kissé eltérő irányban látszanak, míg a nagyon távoliak mindkét szemmel azonos irányban. E hétköznapi jelenség neve szakszóval *parallaxis*. A heliocentrikus rendszer elfogadásakor világossá vált, hogy a Föld Nap körüli keringése során a hozzánk közeli csillagoknak mutatniuk kell a parallaxis jelenségét. A csillagászati távcsövek tökéletesítésének egyik kezdeti hajtóereje ezért az volt, hogy olyan pontosságú szögmérést sikerüljön végezni a teleszkópokkal, amellyel már ki lehet mutatni a várhatóan parányi parallaktikus elmozdulást. Galilei kezdetleges távcsövével végzett észlelései után csillagászok generációi azonban több mint két évszázadon át hiába igyekeztek kimérni a csillagok parallaktikus elmozdulását. Az idővel egyre fokozódó pontosságú pozíciómérés egy évszázad után magával hozta a sajátmozgás és az aberráció felfedezését, de a csillagok parallaxisa csak 1838–1839-ben „adta meg magát", amikor három csillagásznak más-más csillagra és mindegyiküknek eltérő módszerrel sikerült megmérnie a vizsgált csillag parallaxisát. Ekkor derült ki, hogy egy ívmásodpercnél kisebb szögekről van szó.

A csillagászatban a parallaxismméréshez alapul szolgáló bázistávolságot a Föld Nap körüli keringése adja. Az éves trigonometrikus parallaxis mérésekor az alapszakasz a Föld pályájának átmérője, azaz két csillagászati egység. Ha a csillagok helyzetét fél évnyi időkülönbséggel megmérjük a „végtelen távoli" háttércsillagokhoz viszonyítva, akkor a közelebbi csillagok parallaktikus elmozdulása nyilvánvalóan nagyobb mint az egyre távolabbiaké *(1. ábra)*. Hagyományos módon, földi optikai távcsővel észlelve azonban a látómezőben levő csillagok egyike sincs végtelenül messze, így a távolságmeghatározásra kiszemelt csillag pillanatnyi helyzetét éppen a parallaxis jelensége miatt ugyancsak változó helyzetű csillagokhoz kell viszonyítani. A problémát csak fokozza, hogy a pozíciómérést az állandóan nyugtalan földi légkörön áthatolva beérkező fénysugarakat észlelve kell végrehajtani, ami a mérési pontosságon is sokat ront. A földi légkör miatt nemcsak remeg a kép, hanem a refrakció hatására még a mérendő objektum horizont feletti magassága is módosul az eredeti irányhoz (a légkör nélküli állapothoz) képest. A refrakció jelensége miatt szükséges korrekcióra pedig csak átlagos értékek vannak, a tényleges érték

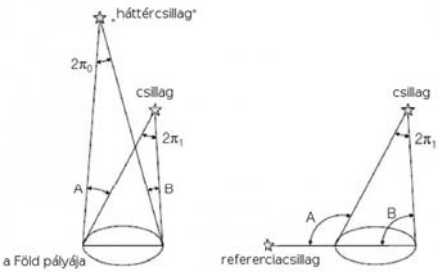
viszont az atmoszféra pillanatnyi állapotától függ. A földfelszíni optikai távcsövekkel elérhető pozícióméréseі pontosság a legkiválóbb légköri feltételek esetén is század ívmásodperc nagyságrendű. A Naphoz legközelebbi csillag, a 4,244 fényévre levő Proxima Centauri éves parallaxisa 0,7685 ívmásodperc. Így 100 fényévnél távolabbi csillagok parallaxisának megmérése a Földről gyakorlatilag lehetetlen. A száz fényév pedig csupán a Naprendszer szűk kozmikus környezetét jelenti, mivel a Tejútrendszer átmérője viszont legalább 100 000 fényév. Így a saját galaxisunk feltérképezéséhez legalább százezred ívmásodperc pontosságú szögmérésre van szükség. A Tejútrendszeren túl pedig ott a galaxisok világa, amelynek megismeréséhez ugyancsak szükség van az észlelt objektumok távolságának meghatározására.



1. ábra. Az éves parallaxis jelenségének vázlatos ábrázolása (François Mignard nyomán)

Itt mindenképpen említést érdemel, hogy a parallaxismérés nehézségeivel szembesülve és a kozmoszbeli hatalmas távolságokra tekintettel a csillagászok rengeteg más eljárást is kidolgoztak a kozmikus objektumok távolságának megállapítására. E módszerek többnyire égitestek homogén csoportjára, pl. változócsillagok, csillaghalmazok vagy galaxisok bizonyos típusára alkalmazhatók, és közös jellemzőjük az, hogy valamilyen közelítést vagy előfeltevést tartalmaznak, ezért igazán pontos eredmény nem is várható e módszerektől. A trigonometrikus parallaxis alapján történő távolságmeghatározás viszont előfeltevésektől mentes, és pontszerűnek látszó tetszőleges égitestre elvégezhető. A sikeres alkalmazáshoz azonban a kis látómezőben végzett mérésekről át kell térni a *globális asztrometriára*, vagyis az égen egymástól jelentős szögtávolságra levő égitestek pillanatnyi helyzete közötti – akár több tucat fokos – szögkü-

lönbség pontos mérésére *(2. ábra)*. Az egészen eltérő irányú két mezőben kialakuló parallaktikus elmozdulások ugyanis nem korrelálnak.



2. ábra. A parallaxis mérésének elve. A csillagászatban a parallaxis mérésére a Föld Nap körüli keringési pályájának két átellenes pontja kb. 300 millió km-es alapszakaszt biztosít. Balra: kis látómezejű távcsővel észlelve csak a háttércsillagokhoz viszonyított relatív parallaxis állapítható meg. A földi légkör fölé emelkedve egymástól tetszőleges szögtávolságra látszó két csillag egymáshoz viszonyított helyzetének időben periodikus változásából kiszámítható az abszolút parallaxis. (Forrás: Feltárul a Világegyetem, a Természet Világa 2014/II. különszámának 32. oldalán levő ábra)

Globális asztrometriát azonban földi távcsövekkel lehetetlen megvalósítani. Egyrészt a legszélesebb látómező sem biztosít elegendően nagy térszöget a globalitáshoz, másrészt a földi légkör hatásai – különösen a hely- és időfüggő refrakció – miatt szó sem lehet ilyen földi mérésekről. Csakis a földi atmoszférán kívül elhelyezett platformról lehet globális asztrometriát művelni. Ennek elvi alapjait *Pierre Lacroute* francia csillagász dolgozta ki az 1960-as években.

A legelső asztrometriai célú űrszonda létrehozásának folyamatában a legnagyobb nehézség az űrprogramok döntéshozóinak meggyőzése volt az űrbe telepítendő asztrometriai mérések szükségességéről. A megvalósítandó projektek kiválasztása során több eltérő érdekű szakmai lobbi versenyez egymással. Azt senki nem vonja kétségbe, hogy szükség van a naprendszerbeli égitesteket közelről (akár azokra leereszkedve) vizsgáló űrszondákra, az is nyilvánvaló, hogy mennyire fontosak az elektromágneses színkép Földről nem vizsgálható hullámhossztartományait érzékelő űrtávcsövek. Az asztrometriai mérések viszont a földfelszínről is észlelhető optikai hullámhosszakon történnek.

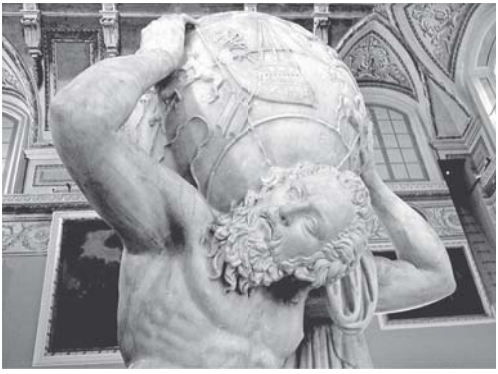
Az asztrometriai űrszondára vonatkozó javaslatát Lacroute eredetileg a francia űrügynökségnek (CNES) nyújtotta be, de az ottani illetékesek túl bonyolultnak és költségesnek tartották annak megvalósítását a nemzeti űrprogram keretében. A javaslat ekkor az Európai Űrügynökséghez (ESA) került tovább. Az 1980-as években az űrkutatási programok jövőjéről döntők között a csillagász szakmát leginkább az azt megelőző közel két évtizedes űrcsillagásza-

ti tapasztalat birtokában levő bolygókutatók, asztrofizikusok, kozmológusok képviselték, akik nyilván a saját szakterületük továbbfejlődését elősegítő újabb űrszondák felbocsátása mellett érveltek, és azokra adták voksukat. Egy asztrometriai célú méréseket végző űrszonda megvalósításához arra volt szükség, hogy a szavazáskor egy-két csillagász felülemelkedjen saját szűk szakmai érdekén. Így került 1980-ban az ESA programjába a Hipparcos asztrometriai űrtávcső. Akkor éppenséggel egy röntgenben és távoli ultraibolyában észlelő űrtávcső tervével versengve került ki győztesként az asztrometriai űrteleszkóp.

A kiválasztás során döntő érv volt, hogy bár az űrben végzett mérések a földfelszínről is vizsgálható optikai tartományban történnek, a trigonometrikus távolságmeghatározás hatókörének és pontosságának több nagyságrenddel történő megnövelése a csillagászat valamennyi ágának alapvető érdeke.

A Hipparcos

Az első asztrometriai űrtávcső tehát az ESA Hipparcos szondája lett. A név, amely erősen emlékeztet az ókor legjelentősebb csillagásza, az i. e. 2. században élt Hipparkhosz (angol átírása Hipparchus) nevére, valójában a ***hi***gh ***p***recision ***par***allax ***co***llecting ***s***atellite (nagy pontosságú parallaxisgyűjtő hold) kifejezésből alkotott betűszó. Hipparkhosz vezette be a csillagászatban mindmáig a fényesség egységeként használt magnitúdó fogalmát, ő állította össze a legfényesebb kb. 1000 csillag első katalógusát *(3. ábra)*, felfedezte a tavaszpont precessziójának jelenségét, és meghatározó tudománytörténészek őt tekintik a trigonometria megalkotójának is.



3. ábra Atlasz-szobor éggömbbel a vállán (Nápolyi Régészeti Múzeum). A farnesei ásatások során fellelt szobor az eredetileg a hellenisztikus kultúrában készült mű i. sz. 2. századi másolata. Maga az éggömb Hipparkhosz katalógusa alapján mutatja a csillagok és csillagképek elhelyezkedését. (Forrás: Wikipédia)

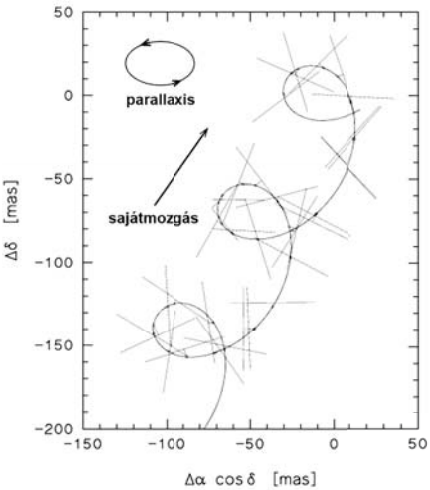
Hipparkhoszéhoz hasonlóan a Hipparcos tevékenysége is úttörő jellegű volt a csillagászatban. A Hipparcost ugyanis azért hozták létre, hogy nagyságrendileg százezer csillagra meghatározzák a rájuk jellemző asztrometriai értékeket, vagyis a pontos helyüket az égbolton (a rektaszcenzió és deklináció értékét), a sajátmozgásukat, azaz a két koordinátaérték időbeli változását, továbbá a parallaxis szögét (amiből pedig a csillag távolsága számolható). Mindezek mérési pontossága ezred ívmásodperces (az angol milliarcsecond szokásos rövidítésével mas), illetve a két koordinátairány menti sajátmozgásé 1 mas/év. Ilyen asztrometriai pontosságot addig csak rádiócsillagászati interferometrikus mérések során sikerült elérni, optikai hullámhosszakon végzett mérésekkel nem.

A Hipparcos sikerének egyik lényeges eleme volt a mérendő csillagok gondos kiválasztása. Az egyik alapvető szempont a programcsillagok lehetőleg egyenletes égi eloszlása volt. A G5 színképtípusnál korábbi csillagok közül azok kerültek a mérendő csillagok közé, amelyek V sávbeli látszó magnitúdójára teljesült a $V < 7{,}9 + 1{,}1 \times sin|b|$ kritérium (ahol b a galaktikus szélesség értéke), a G5-nél későbbi színképűekre pedig $V < 7{,}3 + 1{,}1 \times sin|b|$. Az ezen kritériumoknak megfelelő 58 000 csillag mellé a csillagászközösség javasolhatott 13 magnitúdónál fényesebb, valamilyen szempontból érdekes vagy fontos csillagokat. A közel 200 benyújtott pályázatban szereplő listákból az illetékesek által kiválogatott 60 000 sillaggal így összesen mintegy 118 000 csillag került a Hipparcos Input Catalogba (HIC), amely a mérési programba került csillagoknak a Hipparcos indítása előtt ismert asztrometriai, fotometriai és spektroszkópiai adatait tartalmazta.

Szerénytelenül megemlítem, hogy én is küldtem javaslatot további programcsillagokra, noha az 1980-as évek közepén még az sem volt biztos, hogy az ESA figyelembe veszi-e egyáltalán a nem ESA-tagországokból érkező pályázatokat. A Hipparcos esetében azonban időközben nyílttá nyilvánították a pályázást, így az általam javasolt cefeida típusú változócsillagok kivétel nélkül bekerültek a programcsillagok közé. A pályázat szakmai indoklásában azzal érveltem, hogy a kozmikus távolságskála kialakításában alapvető szerepet játszó cefeidák között 50%-nál gyakoribb a kettőscsillagok előfordulása, és azok asztrometriai észlelése kiemelkedő jelentőségű.

A Hipparcos várva várt indítása (1989. augusztus 8.) utáni napokban még a küldetés kudarcát sem lehetett kizárni. A hordozórakéta ugyanis nem tudta a tervezett geostacionárius pályára állítani az űrszondát, sőt a pálya földközelpontját is csak üggyel-bajjal tudták olyan magasságba emelni, ahonnan az űrtávcső már nem zuhan vissza rövid időn belül a felsőlégkör fékező hatása miatt.

A geostacionárius pálya helyett a Hipparcos így 24 582 km fél nagytengelyű pályán keringett, földközelben pedig mindössze 510 km távolságban haladt el a földfelszín fölött. A lényeg azonban az, hogy a kedvezőtlen pálya ellenére az asztrometriai űrtávcső három és fél éven át sikeresen működött. A parallaxis kimérésére szolgáló asztrometriai mérések esetén ugyanis alapvető a mérési időszak hossza: ahhoz, hogy a csillagok sajátmozgásától eredő elmozdulást megbízhatóan el lehessen különíteni a parallaktikus eredetű koordinátaváltozástól, legalább három évet átfogó adatsor szükséges *(4. ábra)*.



4. ábra. A parallaktikus elmozdulás és a sajátmozgás szétválasztásához legalább hároméves időszakot átfogó pozícióméréssorozat szükséges. A Hipparcos méréseiből jól kirajzolódik egy csillag égi pályája. A koordinátatengelyek mentén mas az ezred ívmásodperc angol megfelelőjének rövidítése (Forrás: ESA Hipparcos nyomán)

A Hipparcos fedélzetén egy mindössze 29 cm apertúrájú Schmidt-távcső működött. A globális asztrometriát pedig úgy valósították meg, hogy a főtükör nem egy tömbből állt, hanem ketté volt szelve, és a tükör két része eltérő irányból, az égbolt egymástól 58°-ra levő részéről gyűjtötte a fényt. Egy nyalábegyesítő tükörrel pedig a közös detektorba juttatták a két látóirányból érkező fotonokat. A szonda tengely körüli forgása és a forgástengelyének precessziója következtében az egész égboltot vizsgálni lehetett égi főkörök mentén haladva és mindig más-más látómezőpárokban levő csillagok helyzete közötti szögkülönbséget mérve. A jel egy nagyon sűrűn rovátkázott (8,2 mikrométer rácsállandójú, majdnem 2700 rést tartalmazó) optikai rácsrendszeren keresztül jutott a fotoelektromos elven működő detektorba, az 1980-as évek elejének műszaki színvonalát megtestesítő képanalizáló kamerába. A rács fényt átengedő elemein átjutó jel beérkezésének idejét pontosan rögzítették, így a főkör

menti szögkülönbségeket a szonda ismert és állandó forgási idejéből ki lehetett számítani. Az erre merőleges irányú szögkülönbségeket pedig a képanalizáló kamera által rögzített jelből lehetett meghatározni egy nagyjából 38 ívmásodperc széles szögtartományban.

A Hipparcos nagyjából három és fél évig végezte a méréseket, és valamennyi programcsillag átlagosan 110 alkalommal került az űrtávcső látómezőjébe. Röviddel az indítás előtt az eredeti mérési program mellé egy kiegészítő feladatot is kapott az űrtávcső. Ez az ún. Tycho projekt az űrtávcső iránymeghatározását elősegítő csillagtérképező detektor által végzett észleléseken alapult. A csillagtérképezővel kapott jelek szintén alkalmasak voltak ugyanis asztrometriai és fotometriai feldolgozásra, bár kevésbé pontos értékeket eredményeztek, mint a fő program. Mivel a csillagtérképezőre eső sugárzás a Johnson-féle fotometriai rendszer V, illetve B szűrőjén is áthaladt, a mért fényességekből meghatározott B-V színindex alapján a csillagok effektív hőmérsékletére is következtetni lehetett. A Tycho projekt keretében egymilliónál valamivel több csillagot mértek a 11,5 magnitúdónál fényesebbek közül, és e mintában $V = 10$ magnitúdóig gyakorlatilag teljes volt az égfelmérés.

A Hipparcos és a Tycho projekt összességében közel ezer gigabit adatot eredményezett. Ekkora adattömeg feldolgozása akkoriban elképesztően bonyolultnak bizonyult – nemcsak az eljárás számítástechnikai igénye miatt. Minden programcsillag minden szögmérési adatát össze kellett vetni az összes többi mért csillag valamennyi pozícióadatával. Először csak az azonos égi főkör mentén mért adatokat dolgozták fel, majd főkörről főkörre haladva a teljes adatsorra elvégezték a csillagpáronkénti koordinátakülönbségek meghatározását. E hosszas műveletsor eredményeként csak a programcsillagok egymáshoz viszonyított nagyon pontos pozícióját kapták meg, magát a vonatkoztatási rendszert azonban kizárólag a Hipparcos méréseiből nem lehetett definiálni. Ugyanakkor az egyes csillagok sajátmozgását és parallaxisát szintén meg lehetett határozni az adatredukálás során. A biztonság kedvéért tudósok két csoportja egymástól függetlenül és eltérő módszert használva végezte a Hipparcos nyers mérési adatainak feldolgozását. Az előzetes megállapodás szerint az eredmények csakis abban az esetben válhattak nyilvánossá, ha mindkét csoport teljesen azonos eredményre jut. Ez a kedvező helyzet 1997-ben következett be, ekkor közre is adták a Hipparcos- és Tycho-katalógust (ESA, 1997), amelyben az asztrometriai adatok a J1991,25 epochára, a mérési időszak közepére érvényesek.

Az égitestek abszolút helyzetének jellemzésére szolgáló vonatkoztatási rendszert a csillagászatban már egy ideje a kozmológiai távolságban levő, pontszerűnek észlelt extragalaktikus forrásokhoz rögzítik, ám ilyenek nem szerepeltek a Hipparcos programjában egyetlen objektum – a 3C273 kvazár – kivételével. A Hipparcos méréseit úgy kötötték be az akkor érvényben levő ICRS (International Celestial Reference System) vonatkoztatási rendszerbe, hogy földi rádiótávcsövekkel végzett interferometrikus mérésekkel nagyon pontosan meghatározták a rádióhullámhosszakon is észlelhető Hipparcos-programcsillagok és – az ICRS-ben már megállapított koordinátájú – 295 kvazár egymáshoz viszonyított helyzetét.

A 17 vaskos kötetből álló Hipparcos- és Tycho-katalógus még nyomtatott formában is megjelent, de minden adat online is elérhető a https://www.cosmos.esa.int/web/hipparcos/catalogues webcímen közölt eljárást követve. E katalógusokra vonatkozó néhány fontos adat az *1. táblázat*ban található.

1. táblázat

Hipparcos-katalógus	
objektumok száma	118 218
a katalogizált csillagok felületi sűrűsége	négyzetfokonként kb. 3
határmagnitúdó	V≈ 12,4
teljes a minta	V = $7{,}3^m$ és $9{,}0^m$ között
Tycho-katalógus	
objektumok száma	1 058 332
a katalogizált csillagok felületi sűrűsége	négyzetfokonként kb. 25
határmagnitúdó	V ≈ $11{,}5^m$
99,9%-ig teljes a minta	V < $10{,}0^m$
Tycho–2-katalógus	
objektumok száma	2 539 913
a katalogizált csillagok felületi sűrűsége	
b = 0°	négyzetfokonként kb. 150
|b| = 30°	négyzetfokonként kb. 50
|b| = 90°	négyzetfokonként kb. 25
99%-ig teljes a minta	V < $11{,}0^m$

A katalógusbeli asztrometriai adatok pontossága megfelel a projekt tervezése során kitűzött elvárásnak: 9 magnitúdós csillagok esetén a koordináták és a parallaxis bizonytalansága nem haladja meg a 0,002 ívmásodpercet, a sajátmozgás komponenseire pedig a 0,002 ívmásodperc/év értéket. A szisztematikus hibák nagysága legfeljebb 0,001 ívmásodperc. A programcsillagok közül 100 038-at magános csillagként kezeltek az adatfeldolgozás során, a többinél egyértelmű volt, hogy két vagy több csillag alkotta rendszerről van szó, ami megnehezítette az asztrometriai jellemzők meghatározását, de bonyolultabb szoftver használatával ez is sikerült. Ugyanakkor a magánosnak tekintett csillagok közül is 6763-nak gyaníthatóan kísérője van. A kettőscsillagok közül összesen 235 csillagpár esetében sikerült a pályaelemek meghatározása.

A Hipparcos a fotometriai méréseket az optikai fotonokat különböző mértékig átengedő széles sávú szűrőn keresztül végezte. Az így kapott magnitúdóértékek *Hp* néven szerepelnek a katalógusban, és 0,01 magnitúdó pontosságúak. A Tycho-katalógusban közölt asztrometriai adatok átlagos pontossága 10 magnitúdós csillagokra 0,03 ívmásodperc, a fotometriai adatoké pedig 0,05 magnitúdó a *B* és *V* fotometriai sávban egyaránt.

A csillagásztársadalom szinte azonnal és kellően méltányolta a hozzáférést a páratlan mennyiségű és pontosságú asztrometriai adathoz. Mielőtt azonban a Hipparcos mérési adatai alapján elért eredmények között tallózunk, még szót kell ejteni arról, hogy az 1997-es katalógus közreadásával nem ért véget az első asztrometriai űrtávcső nyers mérési adatainak központi feldolgozása.

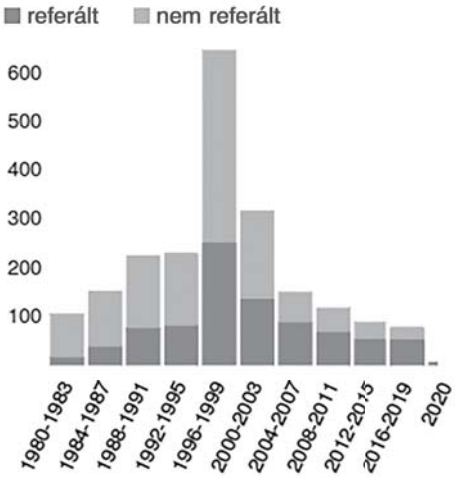
A gyors közlés kényszerétől immár mentesülve ugyanis nekiláttak a teljes mérési adatsor újrafeldolgozásának, amelynek során korábban figyelmen kívül hagyott apró hatásokat is tekintetbe vettek, például az űrtávcső pillanatnyi helyzetével, annak mikrometeoridok által okozott hirtelen változásaival kapcsolatban. Azt is figyelembe kellett venni az újraredukálás során, hogy a programcsillagok égi eloszlásánál sérült az egyenletesség követelménye. Néhány közeli csillaghalmaz irányában – e rendszerek asztrofizikai és távolságjelző szerepének fontossága miatt – ugyanis az átlagosnál jóval több csillag került a mérési programba felületegységenként, mint a csillagokban ritkább mezőkben, emiatt pedig a halmazt tartalmazó látóirányok nagyobb befolyáshoz jutottak az eredeti redukálás során. Ezt az újabb, Hipparcos–2-katalógust 2007-ben tették közzé – csak elektronikusan, ill. online (lásd https://www.cosmos.esa.int/web/hipparcos/hipparcos-2). Az újraredukálás hatására a szabad szemmel látható csillagok katalógusbeli asztrometriai adatai az eredeti, 1997-es kataló-

gusban közöltekhez képest akár háromszor-négyszer pontosabbak. Az is hangsúlyozandó ugyanakkor, hogy az eredeti Hipparcos-katalógus is megbízható maradt az abban közölt bizonytalanságokat szem előtt tartva.

A csillagtérképezővel is sokkal több csillag átvonulását észlelték, mint amennyi az 1997-es Tycho-katalógusban szerepel. A Tycho projekt során kapott észlelési adatokat újraredukálva így 2000-ben közreadták a Tycho–2-katalógust, amely már 2,5 millió csillag asztrometriai adatait közli. Ezek alapján állították össze a széles körben használt Millennium Star Atlast.

A Hipparcos alapján elért néhány fontos eredmény

Most, hogy a Hipparcos utóda, a jelenleg is működő Gaia asztrometriai űrtávcső eddig feldolgozott mérési adatai alapján világos, hogy a napjainkban használatos csillagászati kézikönyvek jó néhány fejezete alapos átdolgozásra szorul, talán anakronizmusnak tűnik a Hipparcos eredményeinek felsorolása. Az itt következő összefoglalás azonban két szempont alapján is indokolt. Egyrészt a Hipparcos küldetésen alapuló eredmények az ezredforduló táján és utána is még éveken át nagyot lendítettek a Tejútrendszer szerkezetére vonatkozó, illetve az asztrofizika területéhez tartozó kutatásokon, másrészt az alábbi felsorolás a Hipparcos és a Gaia csillagászatban betöltött szerepének jobb összehasonlítását is elősegíti *(5. ábra)*.



5. ábra. A Hipparcoshoz kötődő tanulmányok száma a csillagászati szakirodalomban időrendi bontásban. A kiugró csúcs a Hipparcos-katalógushoz való hozzáférés eredménye. (Forrás: NASA/ADS)

A Hipparcos pozíciómérései alapján elért egyik legfontosabb eredmény a nagyon pontos égi vonatkoztatási rendszer megalkotása.

A Tejútrendszer szerkezetét illetően a három leglényegesebb eredmény:

- Galaxisunk fősíkja valójában nem sík, hanem az egyik oldalon „fölfelé", az átellenes oldalon pedig „lefelé" konyul, miként egy kalap karimája. Ezt az aszimmetriát a szomszédos törpegalaxisok gravitációs hatása okozza;
- A csillagok térbeli eloszlása a galaktikus centrumhoz közeli irányokban megerősítette azt a korábbi gyanút, hogy a Tejútrendszer nem közönséges spirálgalaxis, hanem a küllős spirálgalaxisok közé tartozik, bár nem olyan feltűnő a küllője, mint a tankönyvekben szemléltetésként közölt képeken;
- Sikerült meghatározni a Tejútrendszer forgásának jellemzésére szolgáló ún. Oort-konstansok pontos értékét.

A Hipparcos asztrofizikát előmozdító szerepe főként abban nyilvánult meg, hogy a kapott parallaxisokból ki lehetett számítani az egyes csillagok luminozitását. A Hipparcos indítása előtt mindössze 940 csillag parallaxisát sikerült földi távcsövekkel végzett asztrometriai mérésekkel 10%-nál pontosabban meghatározni (van Altena et al., 1995), a Hipparcos viszont majdnem meghússzorozta ezt a számot. A 10%-nál kisebb relatív hibájú Hipparcos-parallaxisokon alapuló szín-fényesség diagram a *6. ábrá*n látható (lásd a IV. színes mellékletben). A vízszintes tengelyen a *B-V* színindex szerepel, a függőleges tengely mentén pedig a csillag abszolút fényessége a *V* fotometriai sávban.

Mivel a távoli csillagok parallaxisát sok esetben nagy hiba terheli, az egyedi csillagok tanulmányozása helyett célszerű volt azonos típusú csillagok csoportját vizsgálva levonni az adott csillagtípusra érvényes következtetéseket. Ilyen megközelítést alkalmazva is fontos eredmények születtek, például a fehér törpék tömeg-sugár relációjára, a Wolf–Rayet-csillagok térbeli mozgására vonatkozóan. Azon kettőscsillagok esetében pedig, amelyek pályáját sikerült meghatározni a Hipparcos méréseiből, a csillagpárt alkotó két komponens tömege is pontosan meghatározhatóvá vált. A közeli csillagok térbeli mozgását vizsgálva azt is megállapították, hogy mely csillagok kerülnek a Naprendszer szomszédságába a csillagászati értelemben vett közeljövőben.

Hogy mennyire bizonytalanok voltak a korábban meghatározott távolságok, jól példázza a Nap 25 parszekes környezetében levő csillagok Gliese-féle katalógusában (Catalog of Nearby Stars, 1969) közölt adatokkal történő összehasonlítás. A Hipparcos-katalógussal összevetve kiderült, hogy a Gliese-ka-

talógusban szereplő csillagok 40%-a valójában távolabb van 25 pc-nál, viszont 119 másik csillagnak helye lett volna abban a katalógusban. A 25 pc-es határon belül 37 korábban ki nem mutatott kísérőt is találtak, közte az egyik legelső ismert barna törpét.

A csillaghalmazok vizsgálata a Hipparcos-adatok alapján a jelentős eredmények mellett hasznos tanulságokat is hozott. A legközelebbi nyílthalmaz, a Hyádok dinamikai középpontjának távolságára 151±1 fényévet határoztak meg. Ilyen kis bizonytalanság korábban elképzelhetetlen volt a kozmikus távolságmérésben. A halmazhoz 218 csillag tartozik, a halmaztagok közül 39 csillagot újonnan azonosítottak. A halmaz szerkezetét és belső mozgásait vizsgálva kirajzolódott a tömeg szerint „ülepedés", vagyis a nagyobb tömegű csillagok inkább a halmaz centruma felé tartanak.

Nagyon közeli halmaz lévén a Hyádok tagjai nagy területen helyezkednek el az égen. A távolabbi halmazok szögátmérője jóval kisebb, ami kellemetlen helyzetet teremtett a Hipparcos adatainak értelmezése során. Annak érdekében, hogy az asztrofizikában jelentős szerepet betöltő csillaghalmazokat alapos vizsgálatoknak vethessék alá, a legfontosabb nyílthalmazok irányában sokkal több csillagot mértek, mint az éggömb más részein. Emiatt viszont az adatok redukálása során a halmaz látóiránya nagyobb súlyt kapott, mint a halmazmentes irányok, ez pedig az eredményt is befolyásolta. A Fiastyúk távolságára a Hipparcos adatait feldolgozva 392±5 fényévet állapítottak meg a különféle földi módszerekkel kapott átlagos érték, 444 fényév helyett, és ezt az anomáliát az újrafeldolgozás sem szüntette meg, bár enyhén csökkentette. A teljes kiküszöbölés egyetlen módja csakis az lehet, ha más irányokban is sokkal több csillagot mérnek – ez pedig lényeges érv egy újabb asztrometriai űrszonda szükségessége mellett.

Az egyéb érdekes eredmények hosszas felsorolása helyett itt csak a naprendszerbeli kisbolygók pályaelemeinek pontosítását, illetve néhány aszteroida tömegének meghatározását említem. Az asztrometriai mérésekkel egyidejűleg végzett fényességmérések adatai alapján pedig a változócsillagok kutatói vontak le nagyon fontos következtetéseket. A Hipparcos fotometriai idősorai annak ellenére nagyon hasznosaknak bizonyultak, hogy az időbeli mintavételezésnél az asztrometria szempontjai érvényesültek, nem a változócsillagászaté. Valójában a Hipparcos volt az első űrtávcső, amelynek hivatalos programján optikai fotometria is szerepelt, jó másfél évtizeddel megelőzve a kifejezetten fotometriai célú űrtávcsöveket (MOST, CoRoT, Kepler).

Az újonnan felfedezett változócsillagok nagy száma mellett már önmagában az a tény is meglepetést okozott, hogy a viszonylag fényes (7-8 magnitúdós) csillagok között is akadt olyan, amelyiknek fényváltozása korábban ismeretlen volt. Az igazán megdöbbentő – bár nem teljesen váratlan – eredmény mégis az, hogy a legkülönfélébb típusú csillagokat tartalmazó és statisztikai szempontból reprezentatív mintában a csillagok legalább 10%-ának fényessége nem állandó. A változócsillagok eloszlása a szín-fényesség diagramon azonban korántsem egyenletes: vannak olyan tartományok, ahová kerülve a csillag fényessége emberi időskálán mindenképpen változik (*7. ábra,* lásd a IV. színes mellékletben). Ilyen például a vörös óriás állapot, de a legforróbb és legnagyobb luminozitású csillagok is kivétel nélkül változócsillagok.

A Hipparcostól a Gaiáig

Az első asztrometriai űrtávcsővel szerzett tapasztalatok, a kapott eredmények és a válasz nélkül maradt kérdések egyaránt megmutatták a csillagászok – most már nemcsak a kifejezetten asztrometriával foglalkozók – számára, hogy szükség van egy következő, a Hipparcosénál sokkal monumentálisabb asztrometriai űrprojektre.

Idézzük fel a Hipparcos méréseinek néhány tanulságát! A programcsillagok sűrűbb mintavételezése a csillaghalmazok irányában megengedhetetlen kivételezésnek bizonyult. A különféle irányú látómezők közötti konnektivitás követelménye kizárólag akkor teljesül, ha minden mező egyenrangú. Az egyedi csillagok luminozitása csak akkor számítható ki megbízhatóan, ha a trigonometrikus parallaxis értéke pontosan ismert.

A Hipparcos érzékenységének korlátai az általam kezdeményezett tudományos programban is jelentkeztek. Egyetlen cefeida kísérőcsillagát sem sikerült kimutatni újabb esetként a cefeida komponenst tartalmazó ismert vizuális kettősökön kívül, ám a kísérőcsillagok létének asztrometriai hatását közvetve mégis lehetett érzékelni. A 3000 fényévnél közelebbi – ezért a legfényesebb, jól észlelhető – cefeidák esetében a Hipparcos-katalógusban nagyon gyakran szerepel negatív szám parallaxisként. Márpedig a parallaxis nem lehet negatív, ha a mérések jók, azok feldolgozása pedig megfelelő. A furcsa jelenséget megvizsgálva kiderült, hogy azok a cefeidák, amelyekre negatív parallaxis adódott, mind ismert spektroszkópiai kettősök. Az adatredukálás során viszont magá-

nos csillagként kezelték mindegyiket, a Hipparcos ezer napot átfogó mérési időszaka alatt bekövetkezett pálya menti elmozdulás elhanyagolása pedig meghamisította az asztrometriai adatsor kiértékelését. És valószínűleg nemcsak az én kedvenc cefeidáimnál következett be ilyesmi, hiszen a Nap galaktikus környezetében levő csillagok között is legalább 50% a kettőscsillagok előfordulási aránya, a Hipparcos által mért csillagoknak pedig csupán 10%-ánál vették tekintetbe, hogy a mért asztrometriai adatok a csillag kettősségére utalnak. A kiút ebből a patthelyzetből az lehet, ha egy következő asztrometriai űrtávcső a Hipparcosénál sokkal pontosabb méréseket képes végezni.

Az újabb űrasztrometriai küldetésre vonatkozó javaslat már a Hipparcos működésének leállításakor megszületett. Az ESA-hoz benyújtott Gaia-projekt első változatát már annak tudatában dolgozták ki a Hipparcos szakmai vezetői, hogy annak elfogadására kizárólag akkor van remény, ha az újabb asztrometriai űrmisszió minden tekintetben – a számszerűsíthető tudományos paraméterek esetében legalább 2, de inkább 3 nagyságrenddel – felülmúlja az elődjét. És persze az új űrtávcsővel a térbeli mozgás harmadik – a látóirányba eső – komponensét is meg kell tudni határozni.

Az ESA Hipparcos szondájának sikere nem csak felkeltette az űrasztrometria iránti érdeklődést, de még egyfajta versengést is elindított: ki bocsátja fel a következő asztrometriai célú űrtávcsövet? A nem hivatalos vetélkedésbe több űrügynökség, illetve kutatóhely is beszállt. A fontosabb kezdeményezésekről érdemes itt is megemlékezni.

Az amerikai FAME (**F**ull-sky **A**strometric **M**apping **E**xplorer) űrtávcső ötletét a US Naval Observatory – az amerikai Haditengerészeti Obszervatórium az utóbbi évtizedekben kétségtelenül a legjelentősebb asztrometriai kutatóhely a földkerekségen – javaslatára a NASA karolta fel. A FAME indítását 2004-re tűzték ki, de 2002 januárjában az egész projektet törölték. A váratlan lépést a költségek addigi és várható további növekedésével indokolták. Pedig a FAME nevéhez illően (az angol szó magyar jelentése *hírnév*) látványos sikert arathatott volna, ha megvalósítják a tervet: 40 millió csillagra végzett volna 50 milliomod ívmásodperc pontosságú asztrometriai méréseket. Ezzel a NASA még meg is előzhette volna az ESA-t az űrasztrometria terén.

A németek önállóan próbálkoztak asztrometriai űrprojekttel. A DIVA (**D**eutsche **I**nterferometer für **V**ielkanalphotometrie und **A**strometrie, német interferométer többszín-fotometriára és asztrometriára) űrtávcsővel a cél teljes égfelmérés volt legalább 10,5 magnitúdós határfényességig, de a 35 millió

programcsillag közé halványabb csillagok is bekerültek volna, egészen 15 magnitúdóig. Az asztrometriai mérésekből számított parallaxisok tervezett pontossága 0,3 mas, a sajátmozgásoké 0,5 mas/év, a fotometriai pontosság pedig 0,003 magnitúdó. Azonban a DIVA is a FAME sorsára jutott: a 2006-os indítás füstbe ment terv maradt, mivel 2000-ben az egész projektet törölték.

A DIVA és a FAME történetének befejezése azonban nem maradhatott ennyire dicstelen. Amikor az ezredforduló után az ESA újabb asztrometriai űrtávcsövének kifejlesztése előtt megnyílt az út, a németek egyszerűen „átigazoltak" az európai csapatba, szakmai és anyagi hátterükkel együtt. A NASA pedig az időközben a csillagászat egyik látványosan előretörő területe, az exobolygókutatás további sikeressége érdekében olyan űrtávcső kifejlesztésébe kezdett, amellyel az újabb exobolygókat asztrometriai mérésekből lehet kimutatni. A SIM (**S**pace **I**nterferometry **M**ission) fedélzetén levő távcsővel ugyanis a csillagoknak olyan parányi, de periodikus pozícióváltozását akarták észlelni, amelyik a csillag + bolygó(k) alkotta rendszer tömegközéppontja körüli keringése során alakul ki. A SIM deklarált célja olyan bolygók kimutatása volt, amelyek a Földhöz hasonló méretűek és a csillaguk lakhatósági zónájában keringenek, ugyanis erre a divatos és érdekes kutatási témára könnyebben lehetett támogatást szerezni, mint egy általános asztrometriai űrprojektre. Pedig a SIM valójában asztrometriai űrtávcső – lett volna, ha nem vonják meg a kifejlesztésére korábban már megítélt támogatást 2010-ben.

A japánok is igyekeznek kivenni a részüket az űrasztrometriából. A Tokiói Egyetem és a Japán Nemzeti Csillagászati Obszervatórium JASMINE (**J**apan **A**strometry **S**atellite **M**ission for **In**frared **E**xploration) projektje három szintre tagolódik: elsőként a Nano-JASMINE mikroműholdat indítják, amelynek 5,25 cm átmérőjű fedélzeti távcsövével a színkép közeli infravörös tartományában kívánnak asztrometriai méréseket végezni. Az észlelési hullámhossz ilyen választásával olyan irányokban is lehetőség nyílik pozíciómérésekre, amerre a látható fényben erős a csillagközi elnyelés. A Tejút feltérképezésénél ez hatalmas előny az optikai hullámhosszakkal szemben, egyebek között a Tejútrendszer fősíkja mentén, illetve a galaxisunk centruma körüli irányokban. Ha a Nano-JASMINE sikeres, akkor azt a Small-JASMINE követi, rajta egy 30 cm-es távcsővel, illetve ennek megfelelően kiterjesztett mérési programmal. A harmadik lépcső pedig maga a JASMINE lesz, fedélzetén egy űrasztrometriai méréseket végző 80 cm-es teleszkóppal. A japánok e projektje esetében a fő gond a megvalósítás idejének folyamatos halogatása: a mindössze

35 kg tömegű Nano-JASMINE indítását eredetileg 2011-re tervezték, de e sorok írásakor is csak jövő időben lehet írni a működéséről.

A JASMINE tehát még nem reménytelen eset a FAME, DIVA és SIM űrtávcsövekkel ellentétben. Az utóbbi három viszont a 21. századi csillagászat eddigi egyik legnagyobb sikertörténetét jelentő Gaia asztrometriai űrtávcső alább ismertetendő teljesítménye fényében legfeljebb a „futhattak volna még" kategóriába sorolható.

A Gaia megvalósítása sem volt azonban teljesen zökkenőmentes. A Hipparcost követő újabb asztrometriai űrtávcső küldetését az 1993-ban benyújtott első javaslat után csak évekkel később, 2000-ben hagyta jóvá az ESA a Horizon Plus projekt kiemelt jelentőségű küldetéseként, ám akkor még azt sem lehetett tudni, hogy a beígért néhány milliomod ívmásodperces mérési pontosságot – ami ahhoz kellett, hogy zöld utat kapjon a projekt – hogyan fogják végül elérni.

A Gaia eredetileg ugyanis GAIA néven vált ismertté, ez az elnevezés pedig a **G**lobal **A**strometric **I**nterferometer for **A**strophyics (globális asztrometriai interferométer az asztrofizika számára) kezdőbetűiből képzett betűszó. Csakhogy hosszas vizsgálatok után a szakemberek belátták, hogy az interferometrián alapuló mérést a tervezett költség- és időkereten belül nem tudják megvalósítani. Maradt tehát a Hipparcosnál már jól bevált mérési módszer, az egymástól egészen eltérő két irányban található égi források detektálása szkennelés közben, ám a korábbinál érzékenyebb, korszerűbb, pontosabb detektorral. Interferometria híján a GAIA név okafogyottá vált, így áthidaló megoldásként átkeresztelték: új és végleges neve Gaia lett.

Még az űrszonda tervezésének és készítésének fázisában, 2005-ben megalakult a Gaia Adatfeldolgozó és Adatelemző Konzorciuma (Data Processing and Analysis Consortium, DPAC), amelynek működését az ESA a Gaia végső katalógusának megjelenéséig támogatja. Kihasználva, hogy a konzorciumi tagsághoz nem előfeltétel az ország ESA-tagsága, a DPAC munkájába rögtön bekapcsolódtam. Néhány évvel később pedig, amikor Magyarország ESA-tagságának elősegítését az ún. PECS-egyezmény keretében az ESA anyagilag is támogatta, az MTA Csillagászati Kutatóintézetében kutatócsoportot is alakíthattunk a Gaia tudományos programjának előkészítésében, majd pedig a mérési adatok feldolgozásában való közreműködésre.

A DPAC feladata kezdettől fogva sokrétű. Amíg nem voltak kiértékelendő mérési adatok, a feldolgozás különféle lépéseire kellett eljárásokat kidolgozni

szimulált adatsorok használatával. A túlnyomórészt európai csillagászokból (jelenleg mintegy 450 főből álló) álló DPAC kilenc koordinációs egységre tagozódva végzi munkáját. Az egyes koordinációs egységek (Coordination Units, CU):

CU1: Rendszer-architektúra
CU2: Adatszimulációk
CU3: Alapfeldolgozás
CU4: Objektumfeldolgozás
CU5: Fotometriai feldolgozás
CU6: Spektroszkópiai feldolgozás
CU7: Változékonysági feldolgozás
CU8: Asztrofizikai paraméterek
CU9: Katalógus-hozzáférés

Az első nyolc koordinációs egységet rögtön a DPAC megalakulása után életre hívták, a CU9-re akkor még nem volt szükség, az csak a Gaia működésének kezdete után alakult meg. A különböző koordinációs egységek között mindvégig szoros az együttműködés, és arra is bőven akad példa, hogy valaki egyidejűleg több CU-ban is tevékenykedik.

A DPAC tagjaként a magyar csillagászok az első években az itthon hagyományosan művelt kutatásokat folytatva főként pulzáló változócsillagok (cefeidák és RR Lyrae típusúak) Gaia-adataiban rejlő lehetőségeket vizsgálták a CU7 keretében.

A Gaia – másfél millió kilométerről

A Gaia tudományos konzorciumának tagjai, továbbá mindazok a kívülálló csillagászok és a csillagászat tudománya iránt érdeklődők, akik tudtak a Gaiáról, türelmetlenül várták, hogy végre működni kezdjen az ESA újabb asztrometriai űrtávcsöve. A felfokozott várakozás azzal magyarázható, hogy a Gaia valóban minden tekintetben jelentősen többre képes a Hipparcosnál. Néhány jellemző adat összehasonlításával ezt szemlélteti a *2. táblázat*. A Gaiára vonatkozóan már nem az előzetes tervek szerinti, hanem a tényleges működés alapján kapott számértékek szerepelnek a táblázatban.

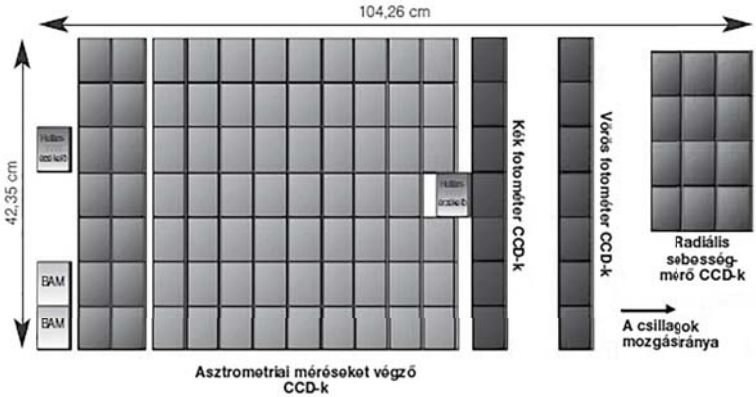
	Hipparcos	**Gaia**
magnitúdóhatár	12^m	21^m
teljes égfelmérés	$7{,}3^m$ – $9{,}0^m$ között	3^m – $20{,}7^m$ között
mért objektumok száma	118 000	1,7 milliárd
kvazárok	1 (3C273)	félmillió
galaxisok	0	egymillió
asztrometriai pontosság	0,001 ívmásodperc	7 mikroívmásodperc (V=10^m) 10-25 mikroívmásodperc (V=15^m) 300 mikroívmásodperc (V=20^m)
radiális sebesség	nem mérte	16 magnitúdónál fényesebbekre (150 millió objektum)
megfigyelési program	előre kiválasztott objektumok	teljes és torzítatlan

2. táblázat. A Hipparcos és a Gaia teljesítményének összehasonlítása néhány jellemző adat alapján

A Gaia tehát mindent megmér, ami a látóirányába esik és 20,7 magnitúdónál fényesebb. Eredetileg 20,0 magnitúdós határfényességet terveztek, de már a mérések kezdetén kiderült, hogy a Gaia detektora ennél érzékenyebb. Így az indítás előtt becsült 1 milliárd helyett 1,7 milliárd objektumról vannak mérések, ezek túlnyomó többsége csillag, a Tejútrendszer csillagainak nagyjából 1%-a. Érdekesen alakul a legfényesebb csillagok helyzete is. Az eredeti tervek szerint a Gaia nem mért volna 5,7 magnitúdónál fényesebb csillagokat, azaz a szabad szemmel látható csillagok zömét, az üzembe helyezés után viszont kiderült, hogy az űrtávcső detektorai még a 3 magnitúdós látszó fényességű csillagokkal is megbirkóznak. Ráadásul szakemberek egy csapata az ennél fényesebb 230 csillag asztrometriai méréseinek redukálását is igyekszik megoldani, hogy valóban teljes legyen az égfelmérés.

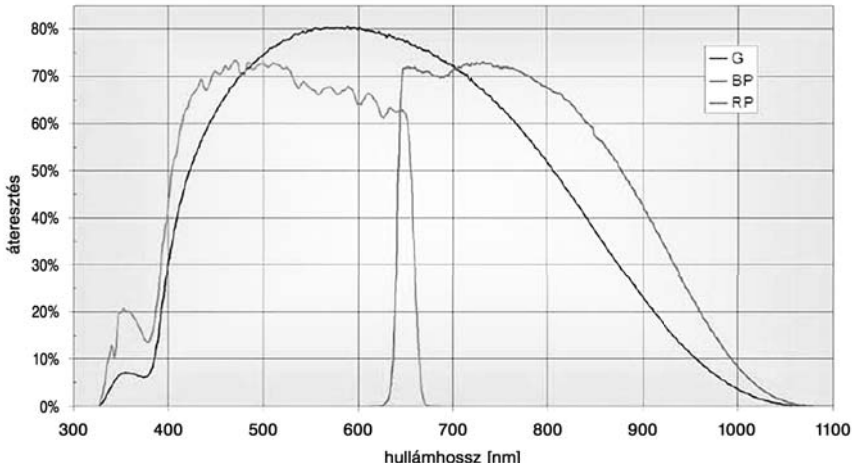
A Gaia fókuszsíkjában a Hipparcostól eltérően már CCD-csipek érzékelik a beeső fotonokat. A 104×42 cm méretű felületen 106, egyenként 4500×1966 pixelt tartalmazó CCD-csip található, és a már gigapixeles képalkotó berendezésnek minősülő detektor az eddigi legnagyobb az űrtávcsöveken működők közül *(8. ábra)*.

A 8. ábrán látszik, hogy a detektorok többsége asztrometriai célú, és külön érzékelőkkel végzik a fényesség és a radiális sebesség meghatározásához szükséges észleléseket. Az asztrometriai egység CCD-kameráinak pixelei egyedileg érzékelik a beérkező fotonokat, így nincs szükség optikai rács fényútba helyezésére, mint a Hipparcosnál. A két fotometriai célú CCD-sorral (BP/RP fotométer) nem közvetlenül a fényességet mérik, azokkal ugyanis alacsony diszper-



8. ábra. A Gaia detektorfelülete. A BAM jelű CCD-detektorokkal (balra lent) a két tükör közötti alapszög állandóságát figyelik. (Forrás: Természet Világa, 2014/II. különszám, 32. o.)

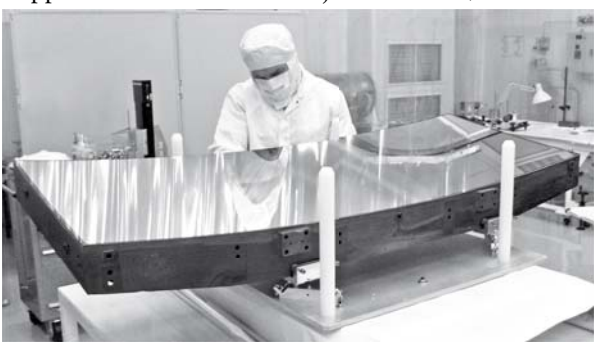
ziós színképet észlelnek az objektumok áthaladása során a 330–680 nm, ill. a 640–1050 nm közötti hullámhossztartományban. Ezekből spektrofotometriai úton határozzák meg a *BP*, ill. *RP* jelölésű magnitúdót a kék, ill. vörös hullámhossztartományban. Az asztrometriai modul által a teljes (330–1050 nm közötti) hullámhossztartományban észlelt jelből a *G* magnitúdót származtatják *(9. ábra)*. A *G* tehát széles sávban mért („fehér") fényesség, a *BP–RP* pedig az észlelt objektum színhőmérsékletére utaló színindex.



9. ábra. A Gaia detektorainak hullámhossz-érzékenysége. (Forrás: ESA/Gaia/DPAC)

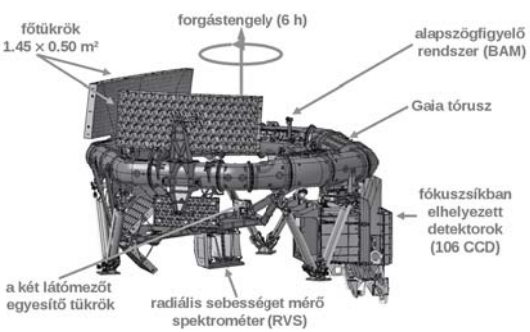
A látóirányú sebesség meghatározásához külön CCD-egység gyűjti a jeleket. A radiálissebesség-spektrométer (RVS) a 845–872 nm közötti hullámhosszú fotonokat észlelve készít $\lambda/\Delta\lambda \approx 11700$ felbontású színképet. Ebbe a keskeny színképtartományba esik az ionizált kalcium három fontos vonala. Ezek hullámhosszának Doppler-eltolódása alapján határozzák meg a radiális sebesség értékét, azaz a térbeli mozgás harmadik komponensét.

A Gaia fotometriai teljesítőképességének lényeges eleme a főtükör. Az eltérő irányok egyidejű észlelése miatt beszerelt két azonos tükör egyenként 1,45×0,50 m méretű *(10. ábra)*, a kettő fénygyűjtő felülete összességében egy 110 cm átmérőjű tükörnek felel meg, vagyis nagyobb, mint a legnagyobb hazai csillagászati távcsőé. (Emlékeztetőül: a Hipparcos főtükrének átmérője 29 cm volt.)



10. ábra.
A Gaia egyik főtükre az optikai ellenőrzés során.

Az asztrometriai teljesítőképesség szempontjából pedig az optikai rendszer stabilitása a leglényegesebb. Ennek biztosítására az összes optikai elemet egy speciális – a hőmérséklet változására lényegében érzéketlen – anyagból készített, gyűrű alakú szerkezetbe szerelték. A Gaia optikai elemeinek és detektorainak elhelyezkedése a tórusz mentén a *11. ábrán* látható.



11. ábra.
A Gaia optikai elemeit és detektorait a különleges mechanikai stabilitást biztosító, tórusz alakú szerkezetre szerelték.
(Forrás: Természet Világa, 2014/II. különszám, 32. o.)

A stabilitás fokozása érdekében a Gaia szonda nem Föld körüli pályán keringve végzi méréseit, hanem egészen állandó hőmérsékleti környezetben, nevezetesen a Nap–Föld rendszernek a Nappal ellentétes irányban levő librációs pontja körüli halópályán mozogva. Ez az L2 jelű librációs pont 1,5 millió km-re van a Földtől, ahol már elhanyagolhatóak a Földtől (és a rajta élő civilizációtól) származó hatások. A nagy távolság viszont kemény követelményeket támaszt a szondával való kapcsolattartás – így a tömérdek mérési adat Földre juttatása – terén is. Ráadásul az adatok megfelelő pontosságú kiértékeléséhez szükséges az is, hogy a szonda mindenkori pillanatnyi helyzete centiméteres pontossággal ismert legyen.

Mielőtt a Gaia tényleges tudományos teljesítményére térünk, érdemes összefoglalni, hogy előzetesen mit vártak a szakemberek a Gaia mérési programjának sikeres teljesítésétől. Íme a nem teljes lista:

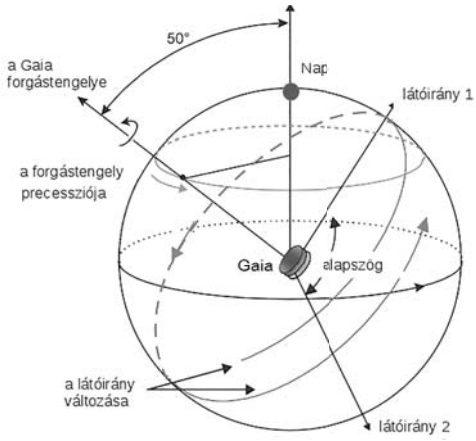
- a Tejútrendszer 3-dimenziós térképének megalkotása, beleértve a sötét anyag eloszlásának meghatározását is;
- a csillagászati vonatkoztatási rendszer pontosítása a korábban figyelembe vettnél sokkal több kvazár alapján;
- exobolygók asztrometriai kimutatása, keringési pályájuk és tömegük meghatározása;
- a Földet veszélyesen megközelítő kisbolygók felfedezése, különösen a Föld pályáján belül keringő Atira vagy Apohele típusú aszteroidáké;
- az általános relativitáselmélet numerikus paramétereinek pontosítása a gravitációs fényelhajlás alapján;
- 20 millió csillag luminozitásának meghatározása 1%-os bizonytalansággal;
- 200 millió csillag luminozitásának meghatározása 10%-os bizonytalansággal;
- pontos Hertzsprung–Russell-diagram a Tejútrendszer egészére;
- a csillagok fényváltozásának detektálása és jellemzése az egész Hertzsprung–Russell-diagramon;
- minden távolságmeghatározásra szolgáló asztrofizikai módszer kalibrálása a megfelelő csillagok parallaxisa alapján;
- egészen ritka csillagtípusok és gyors csillagfejlődési epizódok észlelése.

Mér a Gaia már, sőt túl is teljesítette a tervet

Most már biztosak lehetünk abban, hogy ezek a célok maradéktalanul teljesíthetők. A Gaia szonda ugyanis 2013. december 19-én végre elhagyta a Földet. ESA-szonda lévén a felbocsátás a francia-guyanai Kourou űrközpontból történt, de nem az ESA hordozórakétájával, hanem orosz Szojuz-Fregat rakétapárossal: a Szojuz emelte Föld körüli pályára, míg a Fregat onnan tovább, amíg az L2 Lagrange-pont környezetébe értek. Ott az L2 pont körül 2014. január 8-án került halópályára az űrtávcső.

A hónapokig tartó próbamérések során kiderült, hogy a vártnál erősebb a szórt fény. A napárnyékoló pajzs pereméről beszóródó fény azonban csupán a radiális sebesség mérésére szolgáló spektrográf határmagnitúdóját érinti. A Gaia fedélzeti műszereinek ellenőrzése és kalibrálása után 2014. július 25-én kezdték meg a tudományos program végrehajtását. Előbb négy héten át az ekliptikai pólusok környékét mérték a Gaia műszereivel. Mivel a Nagy-Magellán-felhő az ekliptika déli pólusához közel van az égen, ennek az időszaknak az egyik legfontosabb eredménye az, hogy sűrűn lefedett fénygörbét sikerült kapni a szomszédos galaxis egy hónapnál rövidebb periódusú változócsillagairól (több ezer ilyen van).

A fő mérési program 2014. augusztus 22-én kezdődött az űrtávcső pásztázó üzemmódba helyezésével. A Gaia úgy szkenneli az eget, hogy a szonda forgástengelye és a Nap iránya közötti szög állandóan 50°, miközben a forgástengely egy kúp palástja mentén precesszál *(12. ábra).*



12. ábra.
A Gaia főtükrei az eget pásztázzák, miközben a szonda forog, és a forgástengelyének iránya is folyamatosan változik. (Forrás: Természet Világa, 2014/II. különszám, 32. o.)

A Gaia esetében egymással 106,5 fokos szöget zár be a két főtükör, ami az égbolt egy-egy részletét a detektor felé vetíti. Mivel a szonda ismert sebességgel egyenletesen forog (6 óra alatt tesz meg egy fordulatot), az égi források lassan átvonulnak a detektor előtt. A CCD-kamerarendszerhez kapcsolt számítógép rögzíti minden egyes égitest áthaladását (időpont, fényesség és helyzet), azaz mindkét látómezőben feltérképezi az égbolt egy keskeny sávját. A követő tükör 106,5 perc múlva látja majdnem pontosan ugyanazt az égterületet, ami korábban az elöl haladó tükör látómezejében megjelent. Tekintve, hogy a Gaia forgástengelyének iránya nem állandó, hanem 70 napos periódussal ún. precessziót végez (mint egy búgócsiga pörgés közben), a detektorral az egész eget végig lehet pásztázni, és egy vizsgált égterület újramérésekor a korábbitól eltérő irányú égi régió kerül a látómezőbe. Így gyakorlatilag minden csillag helyzete összehasonlítható minden más csillagéval. Az 5 évre tervezett mérési időszak során minden mért objektum átlagosan 70-80 alkalommal került valamelyik tükör látómezejébe. E mérések alapján jól kirajzolódik minden vizsgált csillag parallaktikus elmozdulása, abból pedig a pontos távolsága is kiszámítható. A távolság és a két koordinátaérték megadja a szóban forgó objektum térbeli helyét, a sajátmozgás két mérhető komponense és a látóirányú sebesség pedig a térbeli mozgás irányát. Ezek alapján készül majd el a Gaia misszió látványos végeredményeként a Tejútrendszer háromdimenziós dinamikus térképe (Gaia Collaboration, Prusti et al., 2016).

Mivel az űrtávcsövet úgy tervezték, hogy a mérések során a benne levő alkatrészek egymáshoz képest nem mozognak, így a meghibásodás esélye szinte nulla (ha csak nem csapódik a szondába valamilyen kozmikus testecske). Az ötéves mérési időszak 2019 nyarán be is fejeződött, de addigra az ESA már áldását adta a küldetés támogatására 2020 végéig, és mostanra vállalták, hogy 2022 végéig is biztosítják a Gaia működéséhez szükséges pénzügyi és technikai forrásokat. Az üzemeltetés tovább is hosszabbítható, a működésnek az vet véget, ha a szonda időnként elkerülhetetlen helyzet- vagy pályaváltoztatásához szükséges segédhajtóműveinek üzemanyaga kimerül, ami várhatóan 2024 vége táján következik be (néhány hónapos bizonytalansággal). A Gaia legjobb esetben tehát akár tíz évnél tovább is végezheti a méréseket. Ez a kedvező körülmény viszont maga után vonja azt, hogy a Gaia végső katalógusának elkészültére még éveket kell várni az űrtávcső méréseinek befejezése után.

Az űrasztrometriában talán a legnehezebb feladat a mérési adatok kiértékelése. A Gaia esetében – miként a Hipparcosnál – ez a folyamat már a legelső mé-

rések idején elkezdődött, és azóta is tart az egyre újabb mérési adatok bevonásával. Minden mért objektum – ez tehát a Gaia esetében 1,7 milliárd csillagot jelent, a naprendszerbeli kis égitesteket nem is számolva – látszó égi helyzetét összevetik az összes többi objektum mért helyzetével, és ezt valamennyi mérési időpontra elvégzik, tehát idővel egyre nagyobb mennyiségű adatot vonnak be az elemzésbe. A számítástechnika csúcsát jelentő berendezések igénybevételével végzett adatfeldolgozás eredményeként így egyre pontosabb szög- és irány-különbségek határozhatók meg.

A Gaia műszerei által mért adatok folyamatos feldolgozásának szükségessége miatt nem lehetséges az eredmények azonnali nyilvánosságra hozatala, de még a gyakori eredményközlés sem volna megfelelő stratégia. Ezért a Gaia tudományos programjáért felelős személyek és a DPAC vezetősége úgy döntött, hogy nagyjából kétévenként teszik hozzáférhetővé az egyre hosszabb időszakot átfogó mérésekből meghatározott egyre pontosabb eredményeket. Ennek a közlési politikának az oka nem a titkolódzás és nem is a szakmai féltékenység. A Gaia felelős vezetőinek az a célja, hogy csak olyan adatok kerüljenek a nyilvánosság elé, amelyek utólag is értékállónak bizonyulnak, és a tudományos közösség számára hasznos hozzájárulást jelentenek jövőbeli kutatásaikhoz. Eddig két alkalommal volt ilyen adatközlés (Data Release, röviden DR), 2016 szeptemberében, illetve 2018 áprilisában. Amíg a Gaia működik, ezek természetesen csupán részeredmények, ám így is rendkívül fontosak.

E közlési politika alól csupán egyetlen típusú kivétel létezik. Vannak ugyanis olyan észlelési adatok, amelyeket érdemes azonnal nyilvánosságra hozni: égi források szokatlanul gyors felfényesedése vagy elhalványodása olyan fontos és feltűnő jelenségek, hogy azokról érdemes azonnal tájékoztatni a világ csillagászait. A DPAC egy munkacsoportja folyamatosan figyeli, hogy az észlelt objektumok korábban mért fényességértékeivel összehasonlítva tapasztalható-e hirtelen fényességváltozás. Ha akad ilyen – márpedig naponta többre is felfigyelnek a mérési programban szereplő közel 1,7 milliárd csillag között –, akkor a legígéretesebbeket kiválasztva azok koordinátáit a rendelkezésre álló egyéb információkkal együtt mihamarabb nyilvánosságra hozzák, hogy az érdeklődő csillagászok folyamatosan követhessék az asztrofizikai szempontból érdekes tranziens jelenséget a számukra hozzáférhető távcsövekkel és más műszerekkel. A Gaia mérési programjának összeállításakor ugyanis az asztrometria szempontjai voltak az irányadók, ezért a hirtelen felfénylő vagy elhalványuló égitestek esetleg csak hetek-hónapok elteltével kerülnek újra a Gaia távcsövének lá-

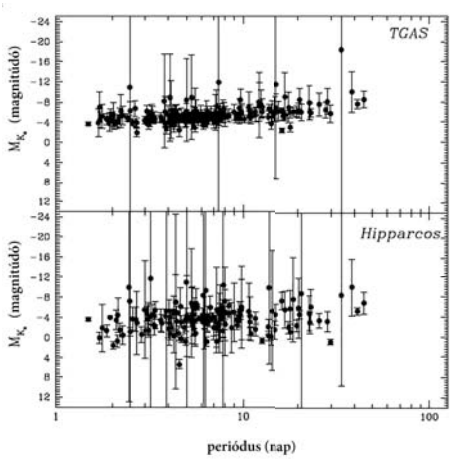
tómezejébe. A tranziens fényességváltozásra tudományos riasztás (Gaia Science Alert) keretében hívják fel a figyelmet. A CSFK Konkoly Thege Miklós Csillagászati Intézetében a riasztások alkalmával meghirdetett objektumok közül a fiatal csillagok kitöréseit követik nyomon, és azt is vizsgálják, miként lehetne minél nagyobb számban megtalálni a kitörésre hajlamos fiatal csillagokat a Gaia nem igazán gyakran végzett fényességmérései alapján. E kutatásokat az ESA jelenleg a PRODEX egyezmény keretében támogatja (ESA Contract No. 4000121377/17/NL/Cbi; Gaia Photometric Science Alerts for Variable Young Stellar Objects).

A Gaia eddigi adatközlései és az azok alapján elért néhány eredmény

A Gaia mérései alapján meghatározott asztrometriai adatok első adatkibocsátása (DR1) alkalmával (2016. szeptember 14.) még csupán az első 14 hónapban végzett méréseket vették figyelembe az adattömeg összeállításánál (Gaia Collaboration, Brown et al., 2016). A Gaia DR1 adatbázisa a következő főbb információkat tartalmazza:

- 1 142 679 769 égi forrás koordinátái és *G* magnitúdója;
- 5 asztrometriai adat (2 koordináta, a sajátmozgás két koordinátairány menti komponensei és parallaxis), az ún. Tycho–Gaia asztrometriai megoldás (TGAS) a Hipparcos- és Tycho–2-katalógusban szereplő 2 057 050 csillagra;
- a Gaia tudományos programjának első hónapjában a déli ekliptikai pólus környékén észlelt 599 cefeida és 2595 RR Lyrae típusú változócsillag fotometriai adatsora.

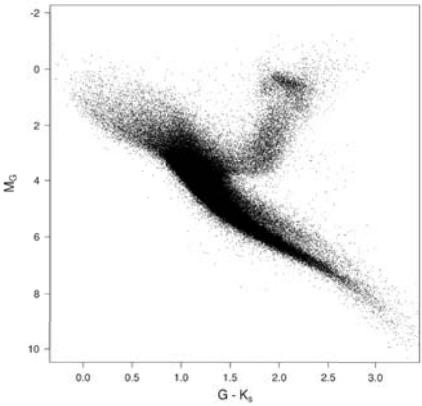
A DR1 közreadásával a Gaia felelős vezetői elsősorban azt akarták demonstrálni, hogy az asztrometriai űrszonda valóban beváltja a hozzá fűzött reményeket, és már az egy évnél alig hosszabb idősorból is pontosabb eredmények kaphatók, mint a Hipparcos végeredményei. Ezt jól szemlélteti a cefeidák trigonometriai parallaxisa alapján megállapított periódus-luminozitás összefüggés a *13. ábrán*, ahol a felső diagramot a TGAS adataiból készítették (221 pozitív parallaxisú galaktikus cefeidára), az alsó diagramot pedig a Hipparcos-katalógus 156 pozitív parallaxisú cefeidái alapján (Gaia Collaboration, Clementini et al., 2017).



13. ábra. A klasszikus cefeidák periódusa és abszolút fényessége (MKs) közötti összefüggés a Gaia DR1 (felső diagram) és a Hipparcos-katalógus adataiból (alsó diagram). (Forrás: Gaia Collaboration, Clementini et al., 2017)

És ahogyan az várható volt, a Plejádok is a „helyére került", vagyis űrasztrometriával ugyanakkora a trigonometrikus parallaxisa, mint a legpontosabb földi eszközök bevonásával végrehajtott távolságmeghatározási eljárásokkal kapott érték.

A Gaia DR1 a hatalmas adattömeg ellenére is még nagyon hiányos volt. Nemcsak a leghalványabb csillagok maradtak ki belőle (különösen a csillagokban leggazdagabb területeken), hanem a 7 magnitúdónál fényesebb csillagok közül is sok hiányzik. Elővigyázatosságból a legnagyobb sajátmozgású csillagok is kimaradtak, miként a legvörösebb és legkékebb csillagok is, és a szoros kettőscsillagok esetében a főcsillag 4 ívmásodpercen belüli kísérői sem kerültek be a DR1-be. A redukálás során pedig minden objektumot magánosnak tekintettek, még a korábbról ismert kettőscsillagokat is. Mindezen hiányosságok ellenére a Gaia DR1 nyilvánosságra hozatalával új korszak kezdődött az asztrofizikában *(14. ábra)*.

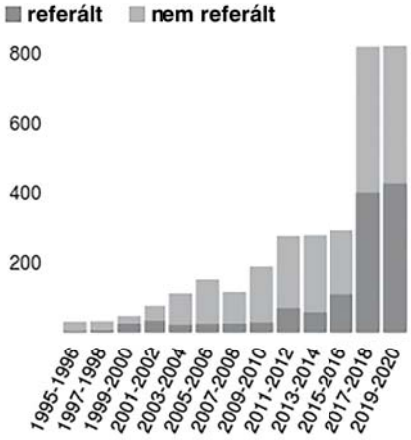


14. ábra. A Nap 1300 fényév sugarú környezetében levő 150 000 csillagra vonatkozó Hertzsprung–Russell-diagram a Gaia DR1 adatai alapján. G a széles sávú Gaia-magnitúdó, Ks a 2MASS égfelmérés 2,159 mikrométer körüli sávjában mért fényesség. (Forrás: ESA)

A Gaia DR2 adatait az eredetileg tervezetthez képest kissé késve, 2018. április 25-én tették közzé. A késést ellensúlyozta, hogy tartalmát tekintve a kínálata sokkal gazdagabb, mint a DR1 esetében, bár az újabb adatdömpinggel is csupán az űrszonda működésének első 22 hónapjában végzett mérések feldolgozása alapján kapott adatok váltak nyilvánossá. Nem túlzás az a kijelentés, hogy a Gaia DR2 megjelenése már nemcsak az asztrofizika, hanem az egész csillagászat számára jelentős lépés volt, ugyanis a következő adatokat tartalmazza (az asztrometriai értékek a J2015,5 epochára vonatkoznak; Gaia Collaboration, Brown et al., 2018):

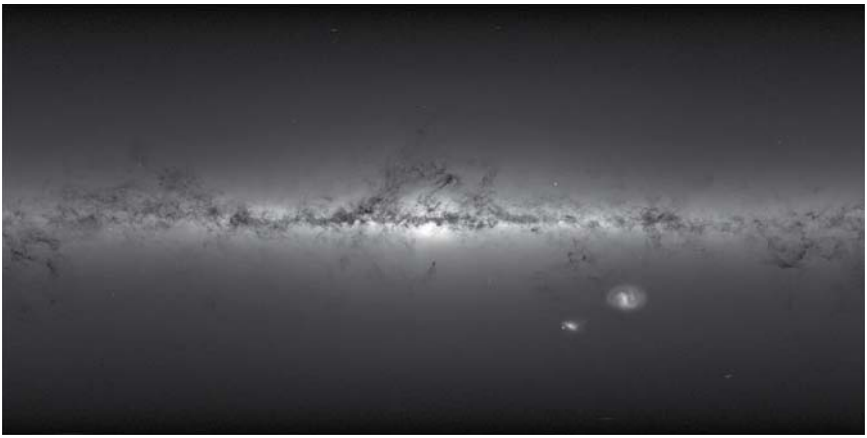
- 1 692 919 135 csillag helye és fényessége,
- 1 331 909 727 csillagra a sajátmozgás és a parallaxis értéke is,
- 161 497 595 csillag effektív hőmérséklete,
- 87 733 672 csillag fényének vörösödése és a látóirány menti extinkció,
- 76 956 778 csillag átmérője és luminozitása (fényteljesítménye),
- 7 224 631 csillagra az átlagos látóirányú sebesség,
- 14 099 naprendszerbeli kis égitest egyedi asztrometriai mérési adatai.

Ezek valóban csillagászati számok! A csillagászatban mindeddig nem létezett ennyi információt és ilyen pontos értékeket tartalmazó adatbázis. A legkülönfélébb szakterületeken dolgozó csillagászok azonnal használni kezdték a DR2 adatait, ahogyan ez azon szakcikkek számának megugrásából is látszik, amelyek címében a Gaia szó szerepel *(15. ábra)*. Ráadásul a *15. ábra* a 2020-as évre csak az első félévi adatokat tartalmazza. És azt is figyelembe kell venni, hogy nem minden cikk címében szerepel a Gaia szó, ha a kutatás során a Gaia DR2 adatállományát használták. A Gaia DPAC vezetőinek nyilvántartása szerint a DR2-re épülő szakcikkek száma már meghaladta a 3700-at.



15. ábra. A Gaia asztrometriai űrszondához kötődő tanulmányok száma a csillagászati szakirodalomban időrendi bontásban. Feltűnő a referált folyóiratcikkek számának megugrása a Gaia adatközléseinek hatására. Érdemes az 5. ábrához visszalapozva összehasonlítani a Gaia eddigi hatását a Hipparcoséval. (Forrás: NASA/ADS)

A DR2 talán legjobb „reklámarca” a Tejútrendszer minden korábbinál pontosabb térképe *(16. ábra)*. Ezen az is látszik, hogy még a közeli extragalaxisok egyedi csillagait is mérte a Gaia – a képen a Tejútrendszer fősíkjától jobbra lefelé a Kis- és Nagy-Magellán-felhő látszik. Ez egyben azt is jelenti, hogy a Gaia méréseiből még extragalaktikus csillagok trigonometriai parallaxisa is meghatározható. Bár a Tejútrendszer térképét papíron csupán két dimenzióban lehet ábrázolni, a Gaia adataiból háromdimenziós térkép is készült, hiszen a parallaxisokból adódik a távolság értéke. Sőt a sajátmozgások és a radiális sebesség figyelembevételével a Tejútrendszer dinamikus térképe is megkapható: milyen volt régebben, és milyen lesz a jövőben a csillagok eloszlása galaxisunkban. Erre az eredményeknél még visszatérünk.



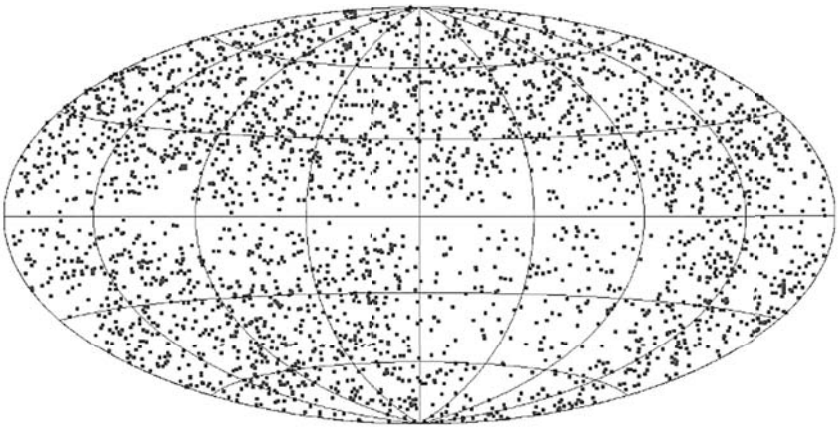
16. ábra. A Tejútrendszer térképe a Gaia DR2 adatai alapján. (Forrás: ESA/Gaia/DPAC)

A közel 1,7 milliárd észlelt csillag közül 550 737 csillag fényessége változónak bizonyult. Ez egyidejűleg sok és kevés. Annak alapján megítélve sok, hogy eddig mindössze 54 821 csillag kapott hivatalos változócsillagnevet (Kazarovets et al., 2019), hiszen a Gaia ennél tízszer többről észlelte, hogy változik. Ha pedig abból indulunk ki, hogy a Hipparcos mérési programján szereplő csillagok 10%-ának változott a fényessége, akkor a várakozás szerint százmilliónál is több a Tejútrendszerben felfedezésre váró változócsillagok száma. Ehhez viszonyítva a most nyilvánosságra került félmillió változócsillag kevésnek tűnik. De a Gaia következő adatkibocsátásai ezt az „anomáliát” is nyilván feloldják. Mindenesetre a Gaia DR2-vel majdnem tízszeresére (11 000 fölé) nőtt a Tejútrendszerben

ismert cefeidák száma, és elképesztően sok, 228 904 RR Lyrae típusú változócsillag van az adatbázisban, ezek a II. populációs csillagok pedig különösen hasznosak a Tejútrendszer idősebb alrendszereinek feltérképezéséhez.

A Gaia DR2-ben szerepel továbbá 14 099 naprendszerbeli kisbolygó helyzete valamennyi megfigyelési időpontban. Ezek inkább csak „étvágygerjesztőül" szolgálnak. A Gaia végső adatbázisában ugyanis csaknem 300 000 kisbolygó adatai szerepelnek majd, amelyek alapján pontosítani lehet a pályájukat.

Nagy előrelépésnek számít a több százezernyi extragalaktikus objektum észlelése is. Ezek közül 2820 pontszerűnek látszó kvazár pontosan meghatározott helyzete és észlelhetetlenül csekély sajátmozgása alapján definiálták az ICRF3 vonatkoztatási rendszert (*17. ábra*, Gaia Collaboration, Mignard et al., 2018).



17. ábra. Az ICRF3 vonatkoztatási rendszer rögzítésére szolgáló 2820 kvazár égi eloszlása a Gaia DR2 adatai alapján galaktikus koordináta-rendszerben. Feltűnő a kvazárok hiánya a galaktikus fősík mentén a nagy intersztelláris elnyelés hatására. (Forrás: Gaia Collaboration, Mignard et al., 2018)

A Gaia DR2 közreadása alkalmából megjelent konzorciumi cikkek további fontos eredményei közül csak kettőt emelünk ki. A Tejútrendszer gömbhalmazainak csillagairól közzétett adatok alapján készített szín-fényesség diagramon szembetűnően látszik a csillagok nehézelem-gyakoriságának (fémtartalmának) szerepe *(18. ábra*, a IV színes mellékletben): a luminozitás és a színindex egyaránt függ a vizsgált csillag kémiai összetételétől (Gaia Collaboration, Babusiaux et al., 2018). Egy másik nagy visszhangot kiváltott tanulmányban a gömbhalmazok és a Tejútrendszer körüli törpegalaxisok térbeli mozgását

vizsgálva kimutatták néhány gömbhalmaz forgását az egyedi csillagaik sajátmozgásából, illetve a gömbhalmazok és törpegalaxisok sajátmozgását (Gaia Collaboration, Helmi et al., 2018). Azt is megállapították, hogy a törpegalaxisok nagy inklinációjú pályán mozognak a Tejútrendszerhez képest, és mindegyik pályasíkja eltér a többiétől. Bár nem közeli és nem törpegalaxis, még a Nagy-Magellán-felhő rotációját is sikerült kimutatni egyedi csillagainak észlelt sajátmozgása alapján.

A csillagásztársadalom által a Gaia DR2 alapján elért eredmények közül is csak néhányat emelünk ki, önkényesen válogatva a több ezernyi cikkből. Az egyik legnagyobb visszhangot kiváltott felfedezés szerint nagyjából 10 milliárd évvel ezelőtt a Tejútrendszer egy egész galaxist szippantott magába, és ennek a Gaia-Enceladusnak elnevezett galaxisnak a maradványaira most az ún. Gaia-virsli nevű képződmény utal. A virsli nem magának a galaxisnak az alakjára jellemző, az csupán a csillagok mozgását ábrázoló paramétertérben rajzolódik ki (Belokurov et al., 2018). Az egykori galaxis magja az NGC 2808 gömbhalmaz lehetett. Enkeladosz a titánok egyike volt a görög mitológiában. Az újonnan azonosított galaxis elnevezése is sejtetni engedi, hogy a bekebelezett törpegalaxis valójában nagyobbacska lehetett. A névalkotás nem igazán szerencsés, mert zavart okozhat, hogy a Szaturnusz bolygó egyik holdjának neve is Enceladus. Lényeges ezért a Gaia előtag feltüntetése a galaxisra hivatkozásnál.

Továbbra is a galaktikus méretskálánál maradva Watkins et al. (2019) a Tejútrendszer csillagainak szisztematikus mozgását elemezve galaxisunk sötétanyag-tartalmára és annak eloszlására vont le következtetéseket, és ugyanők a Tejútrendszer össztömegét is meghatározták a rengeteg csillag mozgása alapján. Lehet, hogy a kapott érték sokak számára meglepő: a Tejútrendszer össztömege 1,5 billió naptömeg. Persze ennek nagyobb része a sötét anyag tömegének hozzájárulása.

A Gaia DR2 adatainak használata során többnyire más (földfelszíni vagy az űrben dolgozó) távcsövek észleléseit is figyelembe veszik. A galaxisok közötti kölcsönhatás egyik izgalmas példája a Tejútrendszer és az Andromeda-galaxis (M31) majdani összeütközése. Az már régebbről ismert, hogy a két galaxis 110 km/s sebességgel közeledik egymáshoz. A Hubble-űrtávcsővel korábban kimutatták az M31 (oldalirányú) sajátmozgását: 2012-ben 17 km/s értéket határozták meg. A Gaia DR2-ben elérhető adatokat a Hubble-adatokkal összevetve kiderült, hogy az M31 galaxis gyorsabban (50 km/s sebességgel)

mozog oldalirányban, emiatt pedig a két galaxis kb. 4,5 milliárd év múlva bekövetkező találkozása nem ütközés lesz, csak érintőleges koccanás (van der Marel et al., 2019).

Mivel a DR2-ben közölt parallaxisadatok még mindig csak részeredmények, továbbra is általánosan érvényes, hogy az egyedi csillagok adatait óvatosan kell kezelni. A fontosabb új eredmények is mind nagyszámú csillag adatainak statisztikai elemzéséből születtek. Rengeteg korábban ismeretlen csillaghalmazt azonosítottak, vagy egy-egy nyílthalmazt vizsgáltak minden korábbinál alaposabban. A térben összetartozó rendszereken kívül másik lehetőség az azonos típusú csillagok vizsgálata statisztikai alapon. Ilyen vizsgálatot végzett Bódi Attila és Kiss László (2019) a galaxisunkban észlelt RV Tauri típusú változócsillagokra. Meghatározták az ezekre a II. típusú cefeidákra érvényes periódus-luminozitás és periódus-sugár összefüggést és az átlagos tömegüket is.

A DR2 adatai közül már most is megfelelően pontosak a koordináták és a sajátmozgás értékei (bár a későbbi adatközlésekkor még pontosabbak lesznek). Ez lehetővé teszi kettőscsillagok kimutatását asztrometriai alapon. A fényesebb csillagokra ugyanis sajátmozgás a Gaia DR2 mellett a Hipparcos-katalógusban is szerepel, ráadásul a Gaia és a Hipparcos által mért koordinátákból egy harmadik érték is meghatározható az egyedi csillagok sajátmozgására. Kísérő nélküli csillagokra mindhárom értéknek azonosnak kell lennie a hibahatáron belül. Ha viszont az észlelt csillagnak kettős rendszer tagja (még ha nem is látszik a kísérő), a pálya menti mozgása miatt a sajátmozgás jelentősen eltérhet a Hipparcos és a Gaia mérési időszakában, és a két szonda által mért koordináták különbségéből számított értéktől is. Ezt az ún. sajátmozgás-anomáliát kereste Kervella et al. (2019) cefeida és RR Lyrae típusú változócsillagokra. Meglepően sok esetben találtak jelentős eltérést a három sajátmozgásérték között. A cefeidákra eddig is ismert volt, hogy gyakoriak kettős rendszerekben, de most legalább 80%-ot határoztak meg a kettősség gyakoriságára, ami az eddigi legmagasabb érték. Az RR Lyrae típusú változócsillagok között pedig korábban egyetlen csillagról volt biztos, hogy kísérője van. A sajátmozgás-anomália elemzése alapján viszont ezen idős változócsillagok legalább 7%-a kettős rendszer tagja lehet.

Ennyi nagyszerű eredmény ismertetése után – a tényszerűség miatt, és egyáltalán nem „ünneprontásként" – meg kell említeni, hogy a Gaia adatainak redukálása során különféle természetű gondok is felléptek, amelyek kiküszöbö-

lése folyamatban van, ám a DR2 adatainak használata során ezekre tekintettel kell lenni. Néhány ilyen ismert probléma:

- a *G* magnitúdó a fényességtől függően néhány ezredmagnitúdós korrekcióra szorul,
- a csillagokkal zsúfolt mezőkben a radiális sebesség közölt átlagértéke irreálisan nagy (ez a csillagok kb. 1%-át érinti),
- a parallaxisokat enyhe szisztematikus hiba terheli (a közölt parallaxisértékeket kb. 50 milliomod ívmásodperccel meg kell növelni).

A Gaia-archívum adatállományában eddig ismertté vált szakmai problémák részletezése ezen a webcímen található: https://www.cosmos.esa.int/web/gaia/dr2-known-issues.

Jöhetne már a Gaia DR3

De késik! És mi más lehetne a késedelem oka, mint a koronavírus-járvány. A karantén, a távmunkára kényszerülés, a kisebb-nagyobb létszámú munkamegbeszélések és személyes diszkussziók meghiúsulása az adatfeldolgozást és a közben felvetődő problémák tisztázását is lassítja. A vezérelv továbbra is az marad, hogy DPAC csak biztos(nak tűnő) adatokat hajlandó nyilvánosságra hozni. Emiatt e sorok írásakor még nem lehet pontosan tudni, mikor várható a következő adatkibocsátás. Az viszont már a járvány kitörése előtt biztossá vált, hogy a Gaia DR3 a Gaia első 34 hónapban mért adatainak feldolgozásán alapul (ami nem egészen három évet fed le, miközben már hat teljes évnyi adatsor van), és eleve két részre bontják: a Gaia EDR3-ra (itt az E a korai [early] szóra utal), majd ahhoz képest egy évvel később válik elérhetővé a Gaia DR3.

A Gaia EDR3-ban kb. 1,8 milliárd égi forrás teljes asztrometriája (pozíció, sajátmozgás, parallaxis) és fotometriája (G, GBP, GRP) szerepel majd, tehát akkor a 2. táblázatban mért objektumok száma rovatban szereplő 1,7 milliárd is elavul. A Gaia DR3 pedig az EDR3 adatain kívül a következőket tartalmazza:

- a radiális sebesség átlagértéke a korábban elérhetőnél halványabb csillagokra is,
- BP/RP/RVS színképek,
- naprendszerbeli kis égitestek adatai (beleértve a pályaelemeket is) a lehető legnagyobb mintára,

- a változócsillagokra vonatkozó információk (a hosszabb mérési időszak miatt a korábbinál nagyobb mintára),
- a színkép alapján meghatározott asztrofizikai információk,
- a kettős- és többszörös csillagokra külön asztrometriai információ (szeparáció, pályaelemek),
- a kiterjedt forrásokra a morfológiájukkal kapcsolatok információk (1,9 millió galaxis, 1,6 millió kvazár),
- az M31 5,5 fok sugarú környezetében található összes forrás fotometriai idősora (Gaia Andromeda Photometric Survey, GAPS).

A puszta felsoroláson túl kiemelendő, hogy a majdnem három évet lefedő mérések alapján végre a csillagok kettősségét is figyelembe lehet venni a feldolgozás során, ami a kettőscsillagok nagy előfordulási arányát tekintve jelentősen növelheti a leszármaztatott parallaxisok és sajátmozgások megbízhatóságát is. Újabb kettőscsillagok kimutatásához viszont jól jönne a csillagok radiálissebesség-adatsorának ismerete, amire viszont a Gaia DR3-ban még nem biztos, hogy számíthatunk.

Később talán lesz Gaia DR4 is, attól függően, hogy meddig sikerül meghosszabbítani a mérési időszakot. Mindenesetre a végső Gaia-katalógus a következő információkat tartalmazza majd:

- teljes asztrometriai, fotometriai és radiálissebesség-katalógus,
- minden objektum fényváltozásával és kettősségével kapcsolatos információ (típus, pályaelemek),
- az objektumok osztályozása és számos asztrofizikai paramétere (a BP/RP, RVS színképek és az asztrometria alapján) csillagokra, fel nem bontott kettősökre, galaxisokra, kvazárokra (a leghalványabb csillagok kivételével),
- az exobolygók listája,
- az észlelt források mérési adatai minden epochára.

Hogy mindezekre mennyit kell még várni, arra a kérdésre egyelőre nincs válasz. De a katalógusbeli értékek annál pontosabbak lesznek, minél tovább mér a Gaia, bár ezzel együtt halasztódik a végső katalógus nyilvánosságra kerülése.

Ennek az áttekintő cikknek az elkészítését az MTA Lendület programjának LP2018-7/2019 pályázata támogatta.

Hivatkozások

Belokurov, V., Erkal, D., Evans, N. W., Koposov, S. E., Deason, A. J. (2018): Co-formation of the disc and the stellar halo, Mon. Not. Royal Astron. Soc., 478, 611

Bódi, A., Kiss, L. L. (2019): Physical Properties of Galactic RV Tauri Stars from Gaia DR2 Data, Astrophys. J., 872:60

ESA, 1997, The Hipparcos and Tycho Catalogues, ESA SP-1200

Gaia Collaboration, Babusiaux, C., van Leeuwen, F., Barstow, M. A.et al. (2018): Gaia Data Release 2. Observational Hertzsprung-Russell diagrams, Astronomy & Astrophysics, 616, A10

Gaia Collaboration, Brown, A. G. A., Vallenari, A., Prusti, T. et al. (2016): Gaia Data Release 1. Summary of the astrometric, photometric, and survey properties, Astronomy & Astrophysics, 595, A2

Gaia Collaboration, Brown, A. G. A., Vallenari, A., Prusti, T. et al. (2018): Gaia Data Release 2. Summary of the contents and survey properties, Astronomy & Astrophysics, 616, A1

Gaia Collaboration, Clementini, G., Eyer, L., Ripepi, V. et al. (2017): Gaia Data Release I. Testing parallaxes with local Cepheids and RR Lyrae Stars, Astronomy & Astrophysics, 605, A79

Gaia Collaboration, Helmi, A., van Leeuwen, F., McMillan, P. J. et al. (2018): Gaia Data Release 2. Kinematics of globular clusters and dwarf galaxies around the Milky Way, Astronomy & Astrophysics, 616, A12

Gaia Collaboration, Mignard F., Klioner, S. A., Lindegren, L. et al. (2018): Gaia Data Release 2. The celestial reference frame (Gaia-CRF2), Astronomy & Astrophysics, 616, A14

Gaia Collaboration, Prusti, T., de Bruijne, J. H. J., Brown, A. G. A. et al. (2016): The Gaia Mission, Astronomy & Astrophysics, 595, A1

Kazarovets, E. V., Samus, N. N., Durlevich, O. V., Khruslov, A. V., Kireeva, N. N., Pastukhova, E. N. (2019): The 82nd Name-List of Variable Stars. Part II, Peremennye Zvezdy (Variable Stars) 39, No. 3

Kervella, P., Gallenne, A., Evans, N. R., Szabados, L., et al. (2019): Multiplicity of Galactic Cepheids and RR Lyrae stars from Gaia DR2 I. Binarity from proper motion anomaly, Astronomy & Astrophysics, 623, A116

van Altena W. F., Lee, J. T., Hoffleit, E. D. (1995): The general catalogue of trigonometric [stellar] parallaxes, New Haven, CT: Yale University Observatory

van der Marel, R., Fardal, M. A., Sohn, S. T. et al. (2019): First Gaia Dynamics of the Andromeda System: DR2 Proper Motions, Orbits, and Rotation of M31 and M33, Astrophys. J., 872:24

Watkins, L. L., van der Marel, R. P., Sohn, S. T., Evans, N. W. (2019): Evidence for an

Intermediate-mass Milky Way from Gaia DR2 Halo Globular Cluster Motions, Astrophys. J., 873:118

A Gaia projekt weblapja: http://www.cosmos.esa.int/gaia/.

A Gaia mérései alapján eddig nyilvánosságra hozott adatok (Gaia-archívum): https://gea.esac.esa.int/archive/

KŐVÁRI ZSOLT

Napflerek, csillagflerek, szuperflerek

Láthatatlan napkitörések

Talán ügyet sem vetünk rá, de tény, hogy a Nap mágneses terének változásaival összefüggő naptevékenység hatásait, pl. az ultraibolya sugárzás intenzitásának növekedését, szó szerint „saját bőrünkön érezzük". Az átlagosan 11 év hosszú kváziperiodikus napfoltciklus (felfedezőjéről Schwabe-ciklus) maximuma felé haladva az időben nemcsak a napfoltok száma nő meg, de több egyéb jelenség mellett a napkitörések, más néven napflerek gyakorisága is emelkedik.

A napfler lényegében a napfelszín közelében felhalmozódó „mágneses feszültség" (mágneses energia) gyors felszabadulása. Egy átlagos napfler során néhány perc alatt annyi energia szabadul fel, amennyi évtizedekre fedezni tudná az emberiség teljes energiaszükségletét, miközben az eseményről az emberek többsége általában tudomást sem vesz, hiszen a flerek leginkább a látható fénynél rövidebb (ultraibolya, röntgen) hullámhosszakon figyelhetők meg a világűrből. Az ilyen események megfigyelése a csillagászok számára igazán érdekes, akik modern földi és űreszközökkel folyamatosan követik a napkitöréseket kísérő fényváltozásokat az elektromágneses sugárzás széles spektrumában.

Bolygóközi viharok

Kivételesen nagy napkitörések esetén, amikor a napfelszínen megfigyelhető fényjelenséget ún. koronakitörés, közismert nevén CME (az angol „Coronal Mass Ejection", azaz koronaanyag-kidobódás rövidítése) is kíséri, bolygónkon jóval jelentősebb hatásokra is számítani lehet. A CME nem más, mint a Nap koronájának forró, híg plazmaanyaga (töltött részecskék alkotta forró gáz), amely a Nap légköréből kidobódva „mágneses viharfelhőként" indul útjára a bolygóközi térben. A napciklus előrehaladtával a flerek mellett a CME-k gyakorisága is változik: napfoltmaximum idején naponta átlagosan három CME-t lehet megfigyelni, míg napfoltminimum idején a számuk heti egy-kettő. Előfordul, hogy a Föld éppen egy ilyen mágneses felhő útjába kerül, azonban legtöbb-

ször a Föld mágneses tere és sűrű légköre megvéd minket a CME részecskezáporától, bolygónk felszínét nem, vagy csak alig érik el a kitörés során kiszabaduló nagy energiájú szubatomi részecskék (többnyire protonok). A töltött részecskék a Föld mágneses terének erővonalai mentén „bespiráloznak" a mágneses pólusok felé, amelynek következtében ekkor szemet kápráztató sarki fényben gyönyörködhetünk *(1. ábra)*. Ám szépségük mellett a nagyobb mágneses viharok komoly károkat is okozhatnak a földfelszíni távközlési hálózatokban, zavarok jelentkezhetnek a rádiós kommunikációban, nem beszélve a részecskesugárzás emberre gyakorolt hatásáról, ugyanis – más részecskesugárzáshoz hasonlóan – a kitettség fokozott egészségügyi kockázatot jelent a pilóták, vagy az éppen a Nemzetközi Űrállomáson tartózkodó személyzet számára.

1. ábra: Sarki fény Alaszkában. Forrás: Wikimedia Commons https://en.wikipedia.org/wiki/File:Polarlicht_2.jpg

„GPS signal lost"

Az elmúlt évtizedekben számos feljegyzés született arról, hogy a Napból eredő mágneses felhő a technikai civilizációnk számára kedvezőtlen hatásokkal járt: 1972. április 4-én egy hatalmas napkitörés Illinois államban a telefonhálózat-

ban okozott károkat; egy másik nagy napkitörés következtében 1989 márciusában Kanada egyes részein hosszú órákig tartó áramkimaradások voltak; a 2000. július 14-én feljegyzett napkitörés pedig műholdak elektronikájában okozott károkat. Ha autóba ülünk, természetesnek vesszük, hogy rendelkezésre áll a navigációt segítő GPS rendszer. Pedig 2006. december 5-én egy bolygónkat elérő CME 10 percre elnémította a GPS hálózatot biztosító műholdak Föld felé irányuló kommunikációját.

A sort lehetne folytatni, azonban volt egy napkitörés, az ún. Carrington-esemény, amelynek becsült energiája több nagyságrenddel meghaladta bármely másik ismert eseményét. 1859. szeptember 1-jén Richard Carrington amatőr csillagász egy nagy napfoltcsoportot vizsgálva a foltokból kiinduló két kifényesedésre lett figyelmes, amelyek 5 perc múlva eltűntek. Néhány órával később a Földet egy hatalmas mágneses vihar érte el. Amikor Carrington erről tudomást szerzett, erős gyanú ébredt benne, hogy az általa észlelt napkitörés és az utána bekövetkező földi mágneses vihar között szoros kapcsolat lehet. Aznap éjszaka az egész égboltot beragyogta a sarki fény, amely a korabeli beszámolók szerint apokaliptikus hangulatot idézett. Akkoriban még távíróhálózatot használtak a Földön, amelyben a mágneses vihar komoly károkat okozott: számos állomás kigyulladt, a kezelők közül többen áramütést szenvedtek. Képzeljük el, mekkora katasztrófával járna egy hasonló nagyságú esemény a mai technikai civilizáció számára, amikor az életünk minden percében rá vagyunk utalva az internetre, a kommunikációs hálózatokra, vagy a GPS-rendszerre!

Űridőjárás-előrejelzés

Szerencsére a carringtonihoz hasonló nagyságrendű események bekövetkezésének valószínűsége – tehát, hogy a napfoltok körül hasonlóan nagy mágneses energia akkumulálódjon, továbbá, hogy a flert követően a Föld éppen a kilövellt CME útjába kerüljön – az eddigi tapasztalatok alapján csekély, de nem elhanyagolható. Korlátozott védekezésre akkor van lehetőség, ha a kitörést és az annak nyomán ezer km/s sebességgel a Föld felé száguldó mágneses plazmafelhőt időben észleljük és megfelelő védelmi intézkedéseket teszünk: az űrben dolgozók védőkapszulákba zárkózhatnak, az űreszközök érzékeny műszereit ki lehet kapcsolni vagy alkalmas pajzzsal védeni lehet azokat, a légi közlekedést ideiglenesen le lehet állítani stb.

Persze legjobb volna, ha már a kitörés idejét, heliografikus pozícióját és nagyságát is előre tudnánk jelezni. Az erre irányuló napfizikai kutatásokat űridőjárás-előrejelzés néven szokás említeni, hiszen a meteorológiai előrejelzésekhez hasonlóan itt is az a cél, hogy egy sztochasztikus rendszer eseményeit megjósoljuk. Ettől még messze vagyunk ugyan, de a Napot jelenleg is hét űreszköz figyeli folyamatosan, hatalmas mennyiségű adatot gyűjtve egy jövőbeli űridőjárás-előrejelzés feltételeinek megteremtéséhez.

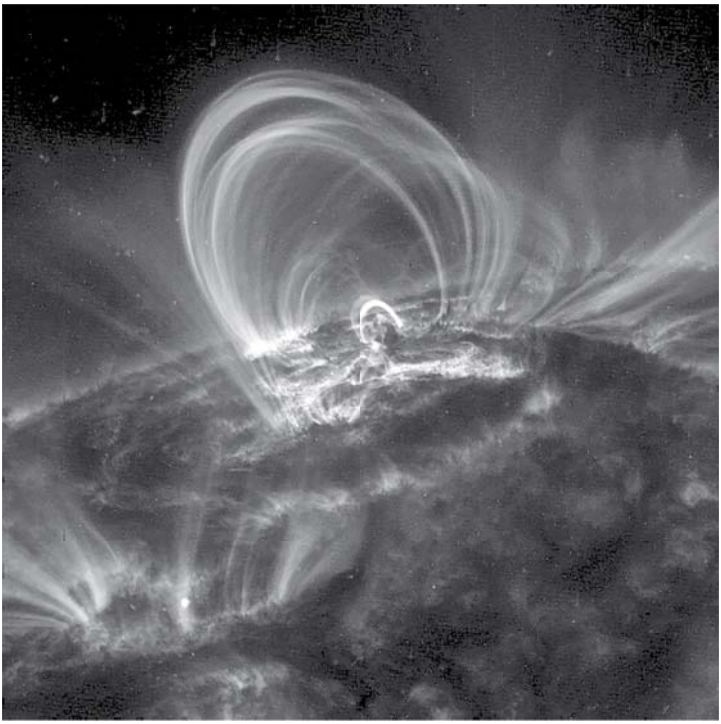
A Napon megfigyelt folyamatokat is jobban megérthetjük, ha az égbolton minél több, a Naphoz hasonló mágnesesen aktív csillagot keresünk, és az azokon megfigyelt folyamatokat összegezve próbálunk átfogó képet kapni a nap- és csillagflerekről. Az ilyen vizsgálatokból az is kiderül, fel kell-e készülnie az emberiségnek egy a Carrington-eseménynél is nagyobb napkitörésre, egy „szuperflerre".

Összekuszált mágneshurkok

Mielőtt áttérünk a csillagokon megfigyelhető flerekre, röviden összefoglaljuk, mi is az, amit a napflerekről eddig tudunk. Amint az eddigiekből már kiderült, a napfler rövid idő alatt bekövetkező hatalmas energiafelszabadulás, a napfelszín egy korlátozott tartományában jelentkező kifényesedés. A kifényesedés maximuma, azaz a fler energiaspektrumának maximuma az elektromágneses tartománynak a látható fénynél rövidebb hullámhosszú részébe, a röntgen- és ultraibolya tartományba esik, vagyis a flerek jelentős részét röntgenflerként észleljük. Ritkán azonban előfordul, hogy nagyobb flerek a látható fényben is megfigyelhetők, tehát nemcsak a több tízezer-százezer fokos kromoszférában és a százezer-millió fokos napkoronában, hanem a Nap fotoszférájában is látszanak. Ezek az ún. „fehér flerek", amelyre jó példa a Carrington-esemény. Ugyanakkor a flerek hatása gyakran a gammasugárzástól a mikrohullámokon át egészen a rádióhullámokig megfigyelhető.

A napflerek létrejötte mögött húzódó fizikai folyamatokat Carrington idejében még nem igazán ismerték, de ma már egyre jobban értjük azokat. A kulcs a napdinamó, amely globális és lokális folyamatok együtteseként azt eredményezi, hogy a Nap mágneses tere folyamatosan változik. Említettük a napfoltciklust, ami a napdinamó működésének egyik megfigyelhető bizonyítéka. De a napfelszínen (a fotoszférán) a sötét napfoltok környezetében fényes fáklyame-

zőket (plázsokat) is látunk, amelyek ultraibolya fényben a kromoszférában még feltűnőbbek. A napfoltok többnyire csoportokban fordulnak elő az ún. aktív vidékeken. Egy ilyen aktív vidék fölé emelkedő plazmakötegekből álló hurokrendszer mágneses szerkezetét mutatja a *2. ábra*, amely látványos bizonyítéka annak, hogy a foltokat és a felsőbb rétegek (kromoszféra, korona) struktúráit a közös mágneses eredet köti össze. A flereket az ilyen aktív vidékek feletti kusza mágneses hurkok rekonnekciója, azaz átkötődése idézi elő. Az átkötődés a mágneses tér energiasűrűségének csökkenésével jár, a felszabaduló energia kifényesedést okoz, amelyet olykor anyagkidobódás is követ. A CME-k kialakulása azonban nem minden esetben kapcsolható flerekhez, egyéb mechanizmusok is ismertek, amelyekre itt nem térünk ki.



2. ábra: Mágneses szerkezetek a Nap koronájában. A napfelszín fölé emelkedő hatalmas mágneses fluxusköteghurkok talppontjainál ellentétes mágneses polaritású területeket (napfoltokat) találunk. Forrás: Wikimedia Commons https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Traceimage.jpg

Szuperfler-vadász űrtávcsövek

A napaktivitás jelenségeihez hasonló események megfigyelése más csillagokon évszázadok óta foglalkoztatja a csillagászokat. Ma már tudjuk, hogy a Napon megfigyelt mágneses jelenségek más csillagokon – ha nem is pontosan úgy, de legalábbis – hasonlóképpen zajlanak: a napfoltokhoz hasonlóan látunk csillagfoltokat, a napflerekhez hasonlóan pedig látunk csillagflereket, amelyek közös jellemzője a mágneses tér. Azonban a napflerekkel ellentétben a csillagflerek szisztematikus megfigyelésére a közelmúlt űrmisszióit *(CoRoT, Kepler, TESS)* leszámítva nem igazán volt lehetőség, hiszen a folyamatos megfigyelést a földfelszíni eszközök esetén a nappalok szakítják meg, és kedvezőtlen időjárási körülmények is nehezítik, de optimális feltételek esetén is kicsi annak a valószínűsége, hogy alkalmas eszközökön folyamatos távcsőidő állna rendelkezésre egy olyan észlelésre, amely lényegében előre nem tervezhető események bekövetkezésére vár. A csillagflerek megfigyelése e szempontból hasonlít a földrengések megfigyelésére, hiszen ez utóbbi esetben is a mérőeszközök folyamatos üzemére van szükség ahhoz, hogy egy vagy több véletlenszerűen bekövetkező eseményt sikerüljön észlelni. Az említett űrmissziók előnye, hogy hosszabb időszakon keresztül egyszerre sok csillag megfigyelésére alkalmasak. Különösen értékes adatokat szolgáltatott a 2009–2013 között futó eredeti *Kepler*-misszió, amely a Hattyú, a Lant és a Sárkány csillagképek határán elterülő *Kepler*-mező 150 ezer csillagának fényváltozásait rögzítette korábban elképzelhetetlen pontossággal folyamatosan, közel négy éven keresztül.

A *Kepler*-mező objektumai között számos Naphoz hasonló törpecsillag van, így lehetőség nyílt arra, hogy összehasonlítsuk az ilyen csillagokon előforduló flerek gyakoriságát és nagyságát a napflerekével. Ezekből a vizsgálatokból hamar kiderült, hogy a Nap flerjeinél ezerszer-tízezerszer erősebb ún. „szuperflerek" is előfordulnak olyan csillagokon, amelyek jóformán alig különböznek a Naptól. Ebből akár arra is következtethetünk, hogy a Nap körül keringő Föld e tekintetben szerencsés, ugyanis nincs kitéve nagy számban előforduló és nagy energiakibocsátással járó szuperflereknek. Az összehasonlítás kedvéért: a szuperflerek bolometrikus energiája, tehát a teljes energiaspektrumban mért összenergiája legalább tízszerese a Carrington-esemény becsült teljes energiájának, ami kb. 10^{33} erg volt (Cliver és Dietrich, 2013). Tehát a Carrington-eseményt még nem soroljuk a szuperflerek közé, mivel a

szuper előtagot a 10^{34} erg (=10^{27} J) energiát meghaladó flerekre szokás használni. Itt jegyezzük meg, hogy a szuperfler önkényes elnevezés, nem tudományos kategória.

A lenyugvó Nap ereje

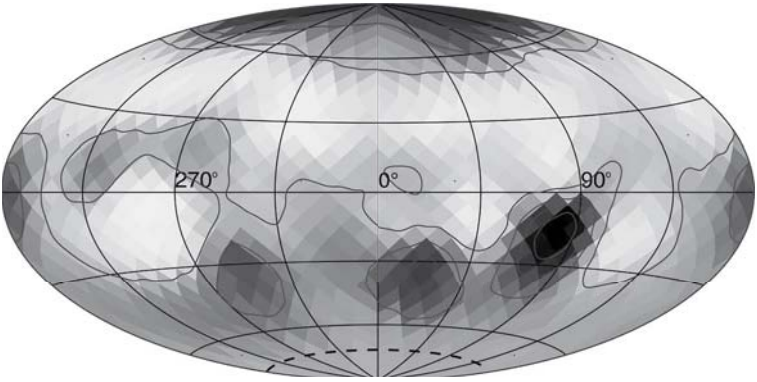
Maehara és mtsai. (2012) vizsgálata szerint a Nap-típusú csillagokon észlelt flerek akár egymilliószor erősebbek lehetnek az átlagos napflereknél. Notsu és mtsai. (2019) szerint Naphoz hasonló, de fiatal, gyorsan forgó csillagokon akár heti gyakorisággal is előfordulhatnak szuperflerek. Az eredmények több okból is elgondolkodtatók. Felmerülhet a kérdés, hogy milyen folyamatok vezetnek a szuperflerek kialakulásához a Naphoz hasonló csillagokon. Ugyanúgy zajlik minden, mint a Napon, csak nagyobb energiaszinteken? Vajon hasonlóan nagy energiafelszabadulással járó szuperflerek a Napon is lehetségesek?

Csillagfejlődési modellek alapján tudjuk, hogy a Nap fiatal korában jóval gyorsabban forgott, tehát a napaktivitási jelenségek is erősebbek voltak, így valószínű, hogy a napkitörések nem csak sűrűbben jelentkeztek, de a fiatal Napon szuperflerek is előfordulhattak. Becslések szerint a korai Napon a gyakoribb szuperflerekkel járó mágneses viharok olyan pusztítóak lehettek, amelyeknek a földi magnetoszféra kevésbé volt képes ellenállni, a megtépázott légkör pedig aligha tudta megvédeni a szárazföldi élővilágot a flerekkel járó megnövekedett ultraibolya sugárzástól (vö. Vida és mtsai., 2017). Így akár tömeges fajkihalások is előfordulhattak, miközben a tengeri életformák az ősóceán mélyén feltételezhetően védve maradtak. A 4,5 milliárd éves Nap forgása mostanra lelassult, központi csillagunk „lenyugodott", a napflerek gyakorisága és energiája lecsökkent, miközben bolygónkon a szárazföldek is benépesültek. Nem igazán látjuk nyomát a földtörténeti közelmúltban esetleges szuper-napkitörés miatti kihalásoknak. Notsu és mtsai. (2019) mégis azt jósolják, hogy a nyugodt Napon is előfordulhatnak szuperflerek: csekély, de nem nulla annak a valószínűsége, hogy a Nap akár a következő 100 évben szuperflert fog produkálni. Azonban egy ilyen szuperfler nem az élővilág számára jelent igazi fenyegetést, hanem inkább a sérülékeny technikai civilizációnkra nézve. Vagyis nem az a kérdés, hogy lesz-e szuper-napkitörés, hanem az, hogy mikor, és hogy az emberiség vajon képes lesz-e úrrá lenni annak várható következményén, a technikai civilizáció részleges, vagy teljes összeomlásán.

Szuperflerező szörnyek

Eddig a flerek kapcsán a Napról és a Naphoz hasonló ún. fősorozati csillagokról szóltunk. Láttuk, hogy a fiatal, gyorsan forgó csillagok mágneses aktivitása nagyobb, mint a „lenyugodott", lassabban forgó társaiké. A fősorozaton töltött hosszú idő alatt a csillagszéllel és a koronaanyag-kidobódásokkal távozó anyag miatt a csillag nem csak tömeget veszít, de a mágneses fékeződés következtében perdülete is csökken, a csillagok forgása lelassul. A fősorozat után, amikor a csillag magjában elfogy a hidrogén, a héliummagot a gravitáció összenyomja, a felforrósodó mag körüli héjban égni kezd a hidrogén, emiatt a csillag külső burka felfúvódik, a csillagból vörös óriás lesz. A kitáguló burok forgása a perdületmegmaradás miatt tovább lassul. Azt várnánk, hogy ekkor a mágneses aktivitás még alacsonyabb szintre jut, azonban a vörös óriások között jelentős számban találunk foltos változócsillagokat, felszínükön a napfoltokhoz hasonló, mágneses eredetű csillagfoltokkal, olykor pedig csillagflerekkel. Sőt nem is kicsikkel! Igazi óriásokhoz méltó szuperflerekkel, amelyek energiája a Nap-típusú fősorozati csillagok szuperflerjeihez képest akár 3-5 nagyságrenddel nagyobb!

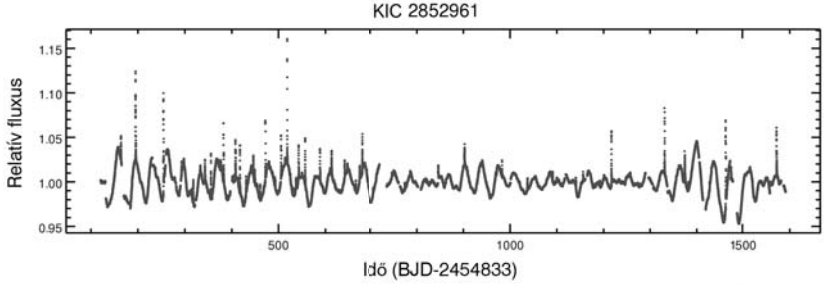
A mágneses aktivitás a vörös óriásokon tehát nagyon is jelen van, amelynek első közvetlen bizonyítéka a ζ Andromedae foltos felszínének interferometrikus képe volt (*3. ábra*, Roettenbacher és mtsai., 2016). A lelassult forgás miatt azonban még nem teljesen világos, milyen folyamatok eredménye lehet az olykor gigantikus szuperflerek létrejötte. Számos példa van rá, hogy szoros kettőscsillagok esetén a kötött keringés következtében megmaradhat a gyors forgás, ami fenntarthatja a mágneses aktivitást. Más esetekben egy mágneses térrel bíró közeli



3. ábra: A ζ Andromedae foltos felszínének interferometrikus képe. Forrás: Rachael Roettenbacher

óriásbolygó mágneses kölcsönhatása lehet az ok (lásd pl. Ferreira, 1998; Rubenstein és Schaefer, 2000). A közelmúltban Katsova és mtsai. (2018) érdekes eredményre jutottak: az óriáscsillagokon megjelenő szuperflerek során felszabaduló gigantikus energiát úgy tudták magyarázni, hogy dinamómodelljükben a Napéval ellentétes, ún. antiszoláris differenciális rotációt feltételeztek, azaz olyan forgást, amikor – a Nappal ellentétben – nem a csillag egyenlítője forog leggyorsabban, hanem az egyenlítőtől a pólusok felé haladva nő a szögsebesség. Csak így sikerült akkora mágneses energiákat generálni, amelyeket egyes óriáscsillagokon megjelenő gigantikus flerekben mértek. Érdekes megjegyezni, hogy eddig alig néhány esetben találtak antiszoláris differenciális rotációt, viszont az ilyen csillagok mindegyike óriáscsillag volt (Kővári és mtsai., 2017).

A differenciális rotáció mellett a csillagdinamók működése során a konvektív turbulenciának is fontos szerepet kell kapnia, ugyanis a két hatás együtt szükséges ahhoz, hogy pl. a napdinamót és a vörös óriáscsillagokban működő dinamómechanizmust eltérő léptékben, de végső soron közös alapon lehessen tárgyalni (lásd Lehtinen és mtsai., 2020). Ez arra enged következtetni, hogy a mágneses dinamó eredményeként a Napon megjelenő napkitörés, valamint egy szuperfler egy vörös óriáscsillagon lényegét tekintve ugyanannak a fizikai folyamatnak a megnyilvánulása, csupán a lépték más. Ezt a következtetést támasztja alá a *Kepler*-mező egyik vörös óriáscsillaga, a KIC 2852961 számú csillag fényváltozásainak alaposabb vizsgálata (Kővári és mtsai., 2020). A foltos csillag forgása miatt kb. 35,5 napos periódussal változtatja fényességét attól függően, hogy a foltosabb (ezért hidegebb, azaz halványabb) felét mutatja, vagy a kevésbé foltos fényesebbet *(4. ábra)*. Kezdetben, a közel 1500 napos időszak első harmadában a csillag fényességváltozási amplitúdója nagy, majd a középső



4. ábra: A KIC 2852961 Kepler-űrtávcső által mért fénygörbéje. A rotációs eredetű, kb. 35,5 napos fényváltozás mellett számos flert és szuperflert is megfigyelhetünk. Forrás: NASA Exoplanet Archive

időszakban az amplitúdó csökken, ami arra utal, hogy összességében kevesebb/kisebb folt lett a csillagon, azaz a felszín közeli mágneses tér összenergiája csökkent. Az észlelési időszak végére néhány forgási ciklusnyi időre azután az amplitúdó újra megnőtt. A 4. ábrán a fénygörbén a kváziperiodikus fényváltozás mellett megfigyelhetjük a hirtelen, tüskeszerű kifényesedésként jelentkező flereket, köztük a legnagyobb szuperflereket.

Megvizsgálva a teljes időszakban megjelenő flerek és szuperflerek gyakoriságát és energiáját érdekes összefüggést találtunk: a flerek/szuperflerek átlagos gyakorisága és időátlagra vett összenergiája nagyobb volt, amikor több folt volt jelen a csillagon (végső soron tehát nagyobb volt a felszínen a mágneses energiasűrűség). Amikor pedig a foltok által lefedett összterület kisebb lett, a flerek időátlagra vett összenergiája is csökkent. Mindez egyfajta léptékbeli törvényszerűségre utal: ha nagy a mágneses energiasűrűség, a flerek/szuperflerek formájában felszabaduló energia is nagyobb lesz. Ez a felszabaduló energia azonban jelentkezhet több kisebb, egymást követő fler formájában, vagy akár egyetlen, nagyobb szuperflerként. Ezért van némi valószínűsége annak, hogy a fiatal, gyorsan forgó Naphoz képest jelenleg jóval alacsonyabb foltaktivitású központi csillagunkon, ritkán ugyan, de mégis létrejöhet egy-egy szuperfler.

A cikk alapjául szolgáló kutatást a Nemzeti Kutatási, Fejlesztési és Innovációs Hivatal OTKA K131508 sz. pályázata, valamint az Osztrák–Magyar Akció Alapítvány (98öu5, 101öu13) támogatta.

Hivatkozott cikkek

Cliver, E.W., Dietrich, W.F. 2013, Journal of Space Weather and Space Climate, 3, A31

Ferreira, J. M. 1998, Astronomy and Astrophysics, 335, 248

Katsova, M. M., Kitchatinov, L. L., Livshits, M. A. és mtsai. 2018, Astronomy Reports, 62, 72

Kővári, Zs., Strassmeier, K. G., Carroll, T. A. és mtsai. 2017, Astronomy and Astrophysics, 606, A42

Kővári, Zs., Oláh, K., Günther, M.N. és mtsai. 2020, Astronomy and Astrophysics, 641, A83

Lehtinen, J. J., Spada, F., Käpylä, M. J., Olspert, N., Käpylä, P. J. 2020, Nature Astronomy, 4, 658

Maehara, H., Shibayama, T., Notsu, S. és mtsai. 2012, Nature, 485, 478

Notsu, Y., Maehara, H., Honda, S. és mtsai. 2019, Astrophysical Journal, 876, 58

Roettenbacher, R. M., Monnier, J. D., Korhonen, H. és mtsai. 2016, Nature, 533, 217

Rubenstein, E. P., Schaefer, B. E. 2000, Astrophysical Journal, 529, 1031

Vida, K., Kővári, Zs., Pál, A., Oláh, K., Kriskovics, L. 2017, Astrophysical Journal, 841, 124

DÁLYA GERGELY – KALUP CSILLA

A csillagászati diákolimpiák

Bevezetés

A hazai csillagászati életben mindig is fontos volt az, hogy minél szélesebb közönséggel, köztük minél több diákkal ismertessük meg az égbolt csodáit, gondoljunk csak Kulin György és a Magyar Csillagászati Egyesület munkásságára. Habár jelenleg nem önálló iskolai tantárgy a csillagászat, így az iskolában csak a fizika- és földrajzórákon tanulhatnak némi csillagászatot a középiskolások, országszerte számos csillagászati szakkör működik, ahol az érdeklődők megtanulhatják a távcső használatát, megismerkedhetnek az égitestek tulajdonságaival és akár az asztrofizika alapjaival is. Az eredményes szakköri munkát és a diákok motiválását segítik elő a hazai csillagászati versenyek is, és hosszú távú célként tovább lelkesítheti őket az a gondolat, hogy az ország legjobbjai közé kerülve esetleg hazánkat is képviselhetik a Nemzetközi Csillagászati és Asztrofizikai Diákolimpián (International Olympiad on Astronomy & Astrophysics, IOAA).

Jelen cikkünkben a csillagászati diákolimpia történetét és a magyar sikereket mutatjuk be. A cikk megírásának egyik oka az, hogy 2019-ben Magyarország adott otthont a 13. csillagászati diákolimpiának, ahol rekordszámú ország diákjaival versenyezve nagyon sikeresen szerepelt a magyar csapat; cikkünk második része részletesebben foglalkozik a magyar rendezésű olimpiával.

A nemzetközi tudományos olimpiák

A középiskolás diákok nemzetközi tanulmányi versenyei hosszú múltra tekintenek vissza. A mai értelemben vett tudományos diákolimpiák közül legkorábban a matematikai diákolimpiát (International Mathematics Olympiad, IMO) rendezték meg. Az első IMO-n 1959-ben Brassóban 7 szocialista ország (köztük Magyarország) tanulói mérték össze a tudásukat. Az évek során egyre több ország csatlakozott a mozgalomhoz, így mára minden kontinens adott otthont ennek a versenynek. Magyarországon háromszor rendezték meg a versenyt, és a magyar csapat hat alkalommal végzett az első helyen.

A matematikai olimpia sikerén felbuzdulva 1967-ben Varsóban a keleti blokk öt országa megrendezte az első fizikai diákolimpiát (International Physics Olympiad, IPhO), amelyhez a 70-es évektől kezdve nyugati országok is elkezdtek csatlakozni. Itthon két alkalommal rendezték meg ezt az olimpiát, és hat abszolút első hellyel büszkélkedhetünk; legközelebb 2026-ban lesz Magyarország a verseny házigazdája. Hasonló múltra tekint vissza a kémiai diákolimpia (International Chemistry Olympiad, IChO) is, amely a fizikai után egy évvel, 1968-ban indult útjára Csehszlovákiában. Négyszer rendezte Magyarország ezt a versenyt, és kétszer lett magyar diák az abszolút első helyezett.

A 80-as évek végéig csak ebből a három tantárgyból rendeztek nemzetközi olimpiákat, ezután viszont sorra indultak az újabb és újabb versenyek: informatika (1989), biológia (1990, 2019-ben a csillagászati és asztrofizikai olimpia mellett a biológiait is Magyarországon rendezték), filozófia (1993), földrajz (1996), csillagászat (1996), nyelvészet (2003), földtudományok (2007), csillagászat és asztrofizika (2007).

A felsorolásból láthatjuk, hogy jelenleg két csillagászati olimpia is létezik. Az első az 1996-ban alapított International Astronomy Olympiad (IAO), amely a résztvevő országok számát tekintve jelenleg a kisebb a két olimpia közül. Az első 6 IAO-t Oroszországban vagy a Krím-félszigeten rendezték, és ma is főleg a volt szovjet blokk államai és Délkelet-Ázsia országai vesznek részt rajta. Jellemzően kevesebb (és egyszerűbb) feladatot kell megoldania a diákoknak, mint a csillagászati és asztrofizikai diákolimpián (IOAA), és ahogy a versenyek nevei is sugallják, az IAO-n a feladatok nagy része klasszikus csillagászati kérdés, míg az IOAA-n nagyobb hangsúlyt fektetnek az asztrofizikai problémákra is. A 2019-es IAO-n 20 ország képviseltette magát, míg ugyanebben az évben az IOAA-n 46 ország diákjai versenyeztek. A két verseny abban is különbözik, hogy míg az IOAA-ra minden ország egy 5 középiskolás diákból álló csapatot küldhet (illetve bizonyos speciális esetekben két csapatot), az IAO-ra három 14-15 éves és két 16-18 éves diákot, és a két korosztály egymástól külön versenyez, ami lehetőséget teremt a fiatalabb diákok részvételére is.

Az utóbbi években egyre több regionális nemzetközi verseny is megjelenik, amelyek általában az olimpiára való felkészülést szolgálják. Csillagászatból például Délkelet-Ázsiában, Latin-Amerikában és Közép-Európában rendeznek kisebb regionális versenyeket. Magyarország, Horvátország és Szlovénia 2015 óta rendez minden évben egy közös versenyt; ennek segítségével a versenyzők a nagy olimpia előtt is élesben megtapasztalhatják egy nemzetközi verseny han-

gulatát, összemérhetik a tudásukat a másik két ország versenyzőivel, és rájöhetnek arra is, hogy a csillagászat mely területeit kell még az olimpiáig hátralévő időben jobban átnézniük. Egy másik hasonló kezdeményezés az International Workshop on Astronomy & Astrophysics (IWAA), amely szintén egy közép-európai regionális rendezvény. Ez tulajdonképpen egy közös felkészítő tábor a résztvevő országok diákjainak, ahol a felkészítő tanárok tartanak előadásokat és feladatmegoldó foglalkozásokat angolul, esténként pedig közösen gyakorolhatják a versenyzők a távcsövezést. Végül az IWAA szintén egy versennyel zárul. 2018-ban a nagy olimpia megrendezése előtt egyfajta főpróbaként Magyarország összevonta a magyar–horvát–szlovén miniolimpiát az IWAA-val, így Zánkán végül hét ország csapatai találkoztak egymással (Csehország, Észtország, Horvátország, Lengyelország, Magyarország, Szlovákia, Szlovénia).

A nagy nemzetközi diákolimpiákra való felkészülés és az azokon való részvétel egy olyan életre szóló élmény lehet a diákok számára, amely véglegesen a természettudományos pálya felé tereli őket. Amellett, hogy rengeteg csillagászati ismeretre tesznek szert, matematikából és fizikából is megtanulnak olyan dolgokat, amelyek túlmutatnak a középiskolai tanterven. A diákok így könnyebben vehetik az egyetem első féléveinek nehézségeit is, és könnyebben kapcsolódhatnak be az egyetemeken és a kutatóintézetekben folyó csillagászati kutatásokba, ami később további előnyöket jelent nekik. Az olimpián elért helyezések pedig azoknak a diákoknak is nagy segítséget jelenthetnek, akik külföldi egyetemekre szeretnének bejutni. Ezek mellett az előnyök mellett nagyon fontos az is, hogy a versenyzők megismerkedhetnek más országok kultúrájával és szokásaival, valamint olyan barátságokra tehetnek szert, amelyek később a szakmai életükben is nagyon fontosak lehetnek.

A csillagászati és asztrofizikai diákolimpia (IOAA)

Az IOAA ötlete a fizikai diákolimpián merült fel, ahol néhány csapatvezető kevesellte az asztrofizikával kapcsolatos feladatok számát. Az ötlet hamar nagy népszerűségre tett szert más országok csapatvezetői között is, így 21 ország részvételével rendezték meg az első csillagászati és asztrofizikai diákolimpiát 2007-ben Thaiföldön.

Az IOAA-t minden évben más ország rendezi meg, jellemzően nyáron szokták megrendezni, de a csillagászatban különösen fontos a verseny sikeres lebo-

nyolításához a jó időjárás, így jellemzően a délkelet-ázsiai rendezésű olimpiákra novemberben vagy decemberben kerül sor, amikor már elmúlt a monszunidőszak, így lehet esély a távcsöves forduló megtartására. A 8-10 napos rendezvényeken a versengés mellett a diákok és felkészítő tanáraik számos kiránduláson és kulturális programon vehetnek részt. A csapatok odautazásán kívül a szervező ország fizet minden felmerülő költséget (szállás, étkezés, programok költségei stb.), így fontos egy adott olimpia helyszínét néhány évvel előre elhatározni, hogy a szervező ország megfelelően fel tudjon készülni egy ilyen nagyszabású rendezvény megtartására. Sajnos ez így sem mindig megy zökkenőmentesen, a 2018-as olimpia megtartására például Kínának kellett beugornia, miután egy évvel a tervezett dátum előtt a kijelölt szervező ország, Sri Lanka kénytelen volt visszamondani az olimpia megrendezését.

A verseny négy fordulóból áll:

1. Elméleti forduló: az ötórás elméleti fordulón a versenyzők rövid, közepes és hosszú feladatokat (e hivatalos kategóriák valójában a könnyű, közepesen nehéz és nehéz feladatoknak felelnek meg) oldanak meg, amelyek a csillagászat és az asztrofizika bármely ágához tartozhatnak (égi mechanika, asztrofizika, szferikus csillagászat, kozmológia stb.), a részletes tematikát az IOAA „tanterve" tartalmazza[1]. Az elméleti forduló 50%-ban számít a végeredménybe. A másik 50%-on osztoznak a gyakorlati fordulók.
2. Adatelemzési forduló: a két-három órás adatelemzési forduló során a diákoknak valódi csillagászati adatsorokból kell modelleket felállítaniuk, statisztikai elemzéseket végezniük, és különböző paramétereket kiszámítaniuk. Tipikus adatelemzési feladat lehet például cefeidák fénygörbéiből a periódus-fényesség reláció együtthatóinak kiszámítása. Többször felmerült, hogy az adatelemzési fordulón jó lenne számítógépes feladatokat adni, hiszen később csillagászként sem milliméterpapírra fognak rajzolni a versenyzők, de mivel ehhez a szervező országnak ugyanolyan számítógépeket kellene biztosítani, és kezelni kellene a felmerülő technikai problémákat, így eddig inkább a hagyományos, papír alapú megoldásnál maradtak a szervező országok.
3. Észlelési forduló: az olimpiákon tipikusan 2 éjszakát jelölnek ki az észlelési forduló lehetséges időpontjaként, azonban gyakran mindkét al-

1 IOAA Syllabus http://www.ioaa2019.hu/ioaa-syllabus/

kalommal túl felhős az ég az igazi távcsöves forduló megrendezéséhez. Ha mégis szerencsénk van az időjárással, akkor tipikusan különböző égitestek megkeresése, fényességbecslés, vagy égi koordináták megbecslése lehet a feladat. Amennyiben nem kedvező az időjárás, „nappali észleléssel" szokták helyettesíteni a fordulót, amiben csak a szervezők kreativitása szab gátat a lehetséges feladatoknak (pl. mesterséges, kifüggesztett égitestek észlelése, egy hipotetikus bolygón látható analemma elemzése stb.)

4. Planetáriumi forduló: ez nem állandó eleme az olimpiáknak, volt olyan olimpia, amikor ezzel pótolták az elmaradt észlelési fordulót, de volt olyan is, amikor egyáltalán nem rendeztek planetáriumi fordulót. Itt is igen érdekes feladatokkal lehet találkozni, amelyek az égboltismereti és a szferikus csillagászati tudást tesztelik, például a gyorsan forgó marsi égbolton kell tájékozódni és koordinátákat becsülni.

A diákolimpia alapvetően egyéni verseny, így a diákok a saját teljesítményükért kaphatnak érmeket, de van egy csapatverseny része is. Régebben ezen az egyes országok csapatai mérték össze a tudásukat egymással, az utóbbi néhány olimpián azonban véletlenszerűen sorsolt, vegyes csapatokat is alkotnak a versenyzőkből. Így tehát nemcsak komoly csillagászati ismeretekre van szüksége a diákoknak, hanem jó angoltudásra és csapatmunkára is.

A verseny hivatalos nyelve az angol, de persze nem lehet elvárni a versenyzőktől az angol szakszavak beható ismeretét, így a feladatokat nemcsak angolul, hanem a saját nyelvükön is megkapják. A feladatokat a szervező ország kijelölt szakemberei találják ki, majd az olimpia első napjain megvitatják azokat az országok csapatvezetői. Itt komoly érdekütközések szoktak lenni, hiszen a felkészítés során más országok esetleg másra helyezték a hangsúlyt, és úgy érzik, hogy mondjuk egy bizonyos képlet ismeretét nem szabad elvárni a diákoktól, hanem meg kellene adni a feladat szövegében, míg akik az adott összefüggést megtanították a diákjaiknak, amellett érvelnek, hogy ezt azért illik tudni. Felmerülnek kulturális különbségeken alapuló ellentétek is, például amikor a diákoknak meg kellett határozniuk, hogy a planetáriumban vetített égbolt képe alapján milyen hónap lehet éppen, ugyanis Iránban a napfordulókhoz és nap-éj egyenlőségekhez igazított naptárat használnak. Megadhatják-e az iráni csapatvezetők a diákjaiknak a feladat szövegében, hogy hogyan kell a két naptár között átváltani, vagy elvárjuk tőlük a mi naptárunk ismeretét? A gyakran éjszakába nyúló viták közben és után állnak neki a csapatvezetők a feladatok

szövegét a saját nyelvükre lefordítani. Ekkor persze már nem találkozhatnak a csapatvezetők a diákjaikkal, hiszen elmondhatnák nekik a megoldásokat. Így az olimpia nyitóünnepsége után különválasztják a diákokat és a csapatvezetőket, akik gyakran más-más városban is kapnak szállást.

Miután a diákok végeztek a feladatokkal, újabb dolga lesz a csapatvezetőknek a javítással. Természetesen egy független, a rendező ország szakembereiből álló zsűri végzi a dolgozatok javítását és pontozását, de lehetnek olyan esetek, amikor valamit nem vettek észre a megoldásban, vagy esetleg fontos információkat írt a saját nyelvén a versenyző, de a zsűri tagjai azt nem tudják értelmezni. Tehát a csapatvezetők is megkapják a dolgozatok fénymásolatait, és ők is kijavítják azokat. Ha valamelyik feladatban lényegesen eltér az általuk javasolt pontszám a zsűri által adottól, akkor lehetőségük van megbeszélni azt a zsűrivel.

Az olimpia pontos versenyszabályzatát és első évtizedének történetét a 2016-os IOAA Summary report foglalja össze[2].

A magyar diákolimpiai mozgalom

A magyarországi IOAA koordinátor dr. Hegedüs Tibor, a Bajai Csillagvizsgáló igazgatója. Ő volt az, aki elindította hazánkban az IOAA-hez köthető diákolimpiai mozgalmat, amely azóta is arra törekszik, hogy felkarolja a csillagászatban tehetségesnek bizonyuló magyar középiskolás diákokat, és lehetőséget teremtsen a nemzetközi versengésben való részvételre. Magyar csapat először 2011-ben, a lengyel diákolimpián vett részt IOAA-n. Onnantól kezdve mind a felkészítő tanárok, mind az érdeklődő diákok köre évről évre egyre bővült. A diákjaink eddig 1 ezüstérmet, 12 bronzérmet és 20 dicséretet szereztek. Az érmeket úgy kell érteni, hogy lényegében a legtöbb pontot szerzett diákhoz, az abszolút elsőhöz viszonyítják a többiek százalékos teljesítményét. Körülbelül 50-60% között dicséret (honorable mention), 60-70% között bronzérem, 70-80% között ezüstérem, 80% felett pedig aranyérem jár a teljesítményért.

2 IOAA Summary report for the years 2007 to 2016 http://www.ioaastrophysics.org/wp-content/uploads/2018/06/IOAA-Report-2007-2016-min.pdf

A magyar rendezésű olimpia álma Hegedüs Tibor és Udvardi Imre nevéhez köthető, akik évekig a magyar csapat vezetőiként vettek részt a diákolimpiákon. Az első konkrét lépés 2015-ben történt, amikor is az Indonéziában rendezett olimpián a magyar csapatvezetés bejelentette a rendezési szándékát. A konkrét megvalósítás gyakorlati előkészületei már két évvel a magyar olimpia előtt elkezdődtek. Az esemény főszervezője a Szegedi Tudományegyetem és a Magyar Tudományos Akadémia Csillagászati és Földtudományi Kutatóközpontja, fővédnöke dr. Kásler Miklós, az emberi erőforrások minisztere volt. Magukat a főszervezői feladatokat dr. Kiss Áron Keve, Rózsahegyi Márton és dr. Hegedüs Tibor látták el, emellett pedig az olimpia szakmai oldaláért, a leendő versenyfeladatok kidolgozásáért egy 14 fős bizottság (ún. Academic Committee) felelt, amelynek vezetését dr. Kiss László látta el.

Ezzel azonban nem ér véget a közreműködők sora. Ahogy időben egyre közelebb került a hazai olimpia ideje, egyre több embert kellett megmozgatni. Azt mondhatjuk, hogy a hazai amatőr és professzionális csillagászok nagy része hozzájárult ahhoz, hogy egy sikeres és színvonalas nemzetközi olimpiát tudjunk rendezni. Mellettük pedig számtalan önkéntes, szervező és segítő állt helyt, sokszor 0-24-órás készenlétben, hogy minden a lehető leggördülékenyebben menjen. Nem túlzás tehát azt állítani, hogy itthon százas nagyságrendben mozgatott meg embereket a közös cél. A szervezés mellett azonban továbbra is helyt kellett állnunk a hazai csapat kiválasztásánál és sikeres felkészítésénél is. A nyomás a felkészítőkön és a diákokon is még nagyobb volt, mint az elmúlt években. Nemcsak amiatt, mert szerettük volna, hogy a hazai olimpián hazai sikerek is szülessenek, hanem mert az olimpia szervezése számos olyan embert is lefoglalt, akik korábban a keretfelkészítésben vettek részt. Ők, ha akartak volna, se tudtak volna a hazai csapattal foglalkozni, hiszen annak érdekében, hogy ne szivárogjanak ki előre a feladatok, sőt hogy még akaratlanul se tréningezhessük a leendő feladatok irányba a diákjainkat, ezért teljesen szeparálódtunk még mi, csapatvezetők is az Academic Committee tagjaitól. Végül pedig, rendező ország lévén először adódott lehetőségünk két csapattal, azaz 10 diákkal indulni, így a két csapat kétszer annyi odafigyelést is kívánt.

A csapat kiválasztása úgy zajlott, hogy először a diákok egy 3 fordulós, iskolai versenyt írtak meg, majd ezek alapján a legjobb 25 diákot behívták a márciusi országos döntőbe. A döntő helyszíne a változatosság jegyében évről évre változik, 2019-ben Pécsett került megrendezésre, itt történt meg a 13 fős tágabb keret kiválasztása, akikkel megkezdhettük a felkészítő munkát. A magyar

olimpián a két csapat vezetői dr. Szalai Tamás, Udvardi Imre, Dálya Gergely és Kalup Csilla voltak. Elsősorban ők feleltek a csapat felkészítésért, de ezen túl egy tucat kolléga és számos volt diákolimpikon nyújtott nélkülözhetetlen segítséget. A keret felkészítése négy hosszú hétvégi felkészítői alkalmon (Budapest, Baja, Piszkéstető és Sülysáp), és hetente kiadott online feladatsorokon keresztül történt. A végleges csapat kiválasztása több lépcsőben történt, azaz nem egy konkrét verseny végeredménye számított, hanem több verseny súlyozott átlaga. Ilyen versenyek voltak a pécsi döntő, a szlovén miniolimpián elért eredmények, valamint a felkészítés gerincét jelentő egyhetes felkészítő tábor végén rendezett verseny.

A táborban, amely Jászberényben, a Jászberényi Városi Könyvtár közreműködésével valósult meg, kihirdettük, kik lehetnek a csapat tagjai. Ezt követően már csak kisebb, sokszor önszerveződő foglalkozásokat, közös észleléseket tartottunk, valamint folyamatosan a diákok rendelkezésre álltunk az esetleges kérdéseik megválaszolására. A felkészítés során egy nagyon jó csapat kovácsolódott össze, teli lelkesedéssel, kötelességtudattal és összetartással. Nem csoda, hogy a kezdetek óta a diákolimpikonok között igen mély és hosszú időre szóló barátságok alakulnak ki. Részese lenni a hazai mozgalomnak akár mint diák, akár mint tanár, egyben azt is jelenti, hogy részesévé válsz egy közösségnek, mely egyedi és különleges célokkal, illetve saját hagyományokkal rendelkezik. Gyakorlatilag a kezdetek óta létezik egy csapatzászló, amely csapattagról csapattagra öröklődik, és minden egyes kiutazó magyar delegáció tagjának (legyen versenyző, csapatvezető vagy megfigyelő) rajta van az aláírása. Néhány éve pedig már saját kabalája is van a csapatnak egy kockásfülű nyúl személyében, aki minden fontos eseményen ott van a csapattal, nyakában a csapattagok által fonott, magyar zászló színeit tartalmazó karszalaggal.

Magyarország mint a XIII. IOAA rendező országa

A 2019-es IOAA augusztus 2–10. között, Keszthelyen került megrendezésre. Itt zajlottak az egyes versenyfordulók, illetve itt volt a diákok szállása is. A csapatvezetők, diákjaiktól teljesen elszigetelten Hévízen állomásoztak. Az olimpián 46 ország nagyjából 260 diákja vett részt, a csapatvezetőkkel, meg-

figyelőkkel és helyi szervezőkkel együtt csaknem 500-an fordultunk meg a Balaton-parti városokban[3].

1. ábra: A magyar csapat az olimpia nyitóünnepségén.

A csapatvezetőknek igen sűrű programja volt az olimpia során. Programjuk vázát képezte az ún. „International Board Meeting", röviden IBM, ahol a diákolimpiával kapcsolatos szakmai munkák, pl. az aktuális évi versenyfeladatok véglegesítése folyt. A feladatok átnézését és megbeszélését az egész verseny alatt dr. Kiss László koordinálta. Augusztus második az érkezés napja volt, ekkor zajlott a résztvevők regisztrációja. A csapatok nagy része a budapesti repülőtérről, a szervezők által biztosított buszokkal érkezett meg. Első reggel a nyitóceremóniával indult az olimpia. A hagyományoknak megfelelően mindegyik ország delegációja felvonult a színpadra egy bemutatkozó fénykép erejéig. Ezt követően a csapatvezetők épphogy megebédeltek, és már kezdték is az adatfeldolgozási feladatok diszkusszióját, majd fordítását nemzeti nyelvre, másnap reggel ugyanis a diákok ezzel a fordulóval indították a versenyt.

3 A magyar diákolimpia honlapja: http://www.ioaa2019.hu

2. ábra: Munkában a távcsöves forduló lebonyolítását segítő amatőrcsillagászok

Második nap az éjszakai észlelési forduló, valamint a legnagyobb falat, az 5 órás elméleti verseny feladatainak megvitatása következett, ami egészen késő estig elhúzódott. Az elmúlt évek tapasztalataihoz képest mégis a megszokottnál órákkal hamarabb végeztünk. Összehasonlításul, 2017-ben Thaiföldön hajnali 5-kor adtuk le a végleges papírokat tartalmazó borítékokat, míg itthon már hajnali 2-kor eltehettük magunkat másnapra.

3. ábra: Az elméleti forduló előtt dr. Frey Sándor ismerteti a verseny szabályait

A következő nap végre a csapatvezetők is jutottak egy kis pihenéshez, és egy sokszínű, kirándulós napban lehetett részünk. Először a Festetics-kastélyba látogattunk, ahol kisebb csoportokban idegenvezető segítségével hallgattuk meg a kastély történetét, miközben végigjártuk az egyes helyiségeket. Amikor a kastély könyvtárába értünk, az egyik asztalon ki volt állítva egy éggömb. Mi voltunk talán a harmadik csapat ott, amikor az egyik csapatvezető egy picit hozzáért, hogy a gömb másik oldalát is lássa. Erre a helyiséget felügyelő hölgy teljesen kikelt magából, hogy itt nem szabad hozzáérni semmihez, ennek ellenére már megint az éggömböt bökdösi valaki! Miután a megszeppent csapatvezető elhagyta a helyszínt, végül odamentünk a hölgyhöz, és kedvesen felhívtuk a figyelmét, egy darabig még biztos nem lesz nyugta, mert most szabadult be ide 50 csillagász. A látogatás csúcspontja azonban egyértelműen egy vonósnégyes, a kastély tükörtermében tartott, félórás koncertje volt, amely hatalmas tapsot kapott. Ezután lementünk a Balaton-partra, hogy egy hajókiránduláson vegyünk részt. Amíg vártunk a hajó indulására, alkalomhoz illően két távcsővel is meg lehetett nézni (az egyébként nem túl aktív) Napot. Maga a hajóút kb. másfél órán át tartott, gyönyörű napos időben és remek kilátással a környező tájra, dombokra. Miután kikötöttünk, a szigligeti vár felé vettük az utunkat, ahonnan aztán a már nyugodni készülő nap fényében és a kicsit párás időben mindenkinek felejthetetlen látványt nyújtott a badacsonyi, balatoni táj. Vacsora előtti még belefért egy rövid látogatás az Eszterházy-pincészetbe. Végül a nap zárásaként egy magyaros csárdában fogyasztottuk el a borvacsoránkat, majd fél 10 felé indultunk vissza Hévízre.

Mindeközben a diákok délelőtt a sümegi várban tettek egy látogatást, ahol többek között egy lovagi tornán vehettek részt, igazi lovagokkal, lovakkal, lángokkal és minden jóval, ami szem-szájnak ingere. Nekik már korábban is voltak programjaik, sokat fürödtek a Balatonban, ők is ellátogattak a Festetics-kastélyba, illetve részt vehettek néptáncoktatáson, diszkóban, közösségi játékokban.

4. ábra: Sok diák szerint az olimpia egyik fénypontja volt a sümegi várban bemutatott lovagi torna

Este azonban következett számukra az újabb megmérettetés, az észlelési forduló. Minden évben van egy hivatalos távcsöve az olimpiának, az itthoni olimpián ez egy EQ3 mechanikán nyugvó 150/750-es Newton-távcső volt. A fordulót 88 távcsővel kicsit több mint 40 amatőrcsillagász vezette le több körben, amíg mindenki sorra nem került. Hihetetlen szerencsénk volt, ugyanis pont ezen a napon végre derült ég volt, ezzel megtörve azt a már 7 éves átkot, hogy az olimpián borult idő miatt a távcsöves észlelés elmaradt. A csillagos égbolt ragyogóan szép volt, a Tejút csak úgy sütött az égről. Egyes diákok még sosem láttak ennyire fényszennyezésmentes eget. A távcsöves segítők mesélték, hogy volt, aki csaknem könnyekig hatódott a látványtól. Éppen az ilyen élmények miatt különleges ez a diákolimpia, itt ugyanis amellett, hogy komoly fizikai és matematikai tudásról kell számot adni, ott van a másik oldal, a gyakorlati oldal is, hogy kimész a csillagok alá, tájékozódsz az égbolton, távcsövet használsz, és saját megfigyeléseket végzel. Ez a forduló azért is volt nekünk lényeges, mert a magyar csapat évek óta elég jó gyakorlati ismeretekre és képességekre tesz szert a felkészülés során, szemben több más országgal, ahol ez olykor akár teljesen háttérbe szorul, tehát bízhattunk abban, hogy ez sokat javít majd a versenyzőink helyezésén.

5. ábra: A távcsöves forduló a csodálatos Balaton-parti égbolt alatt

Másnap, miközben a diákok az esti megmérettetések után a verseny fő fordulójához, az elméleti feladatsor megírásához értek, mi elkezdtük a planetáriumi forduló, valamint a csapatverseny feladatait átbeszélni és fordítani, majd megkaptuk a diákjaink adatfeldolgozási megoldásának fénymásolatát. Így elkezdhettük a javítást is, amelyhez másnap a többi forduló megoldásai is megérkeztek. Bár a négy magyar csapatvezető egymás között felosztotta a javítást, így is késő estig javítottunk. Közben volt egy kis pihenő is, mivel aznap este került sor a zárópartira, azon belül is a kulturális estre. Ez a diákok szállásának udvarán felállított pavilonban zajlott, és lényegében egy közös vacsorát jelentett a diákjainkkal, akikkel most találkozhattunk először a nyitóceremónia óta. Vacsora közben a színpadon különböző produkciókat lehetett megtekinteni, a szervezett programokon túl az egyes nemzetek saját előadásait is. A magyar csapat egy roppant szellemes kis videót készített, amelyben a sülysápi csillagda udvarán bográcsgulyást készítettek, bemutatva, hogyan is kell elkészíteni ezt az ékes magyar ételt. A végén az egészet egy tűzijátékkal zártuk, s míg a diákok egy buli keretében folytatták az elmúlt napok fáradalmainak levezetését, a csapatvezetők mentek vissza javítani.

Másnap reggel már csak a moderálás volt hátra, azaz a hivatalos javítók által és az általunk adott pontszámok összevetése. Ha olyat találunk, ahol szerintünk járt volna még pont, akkor azt a moderálás során a javítókkal meg lehet tárgyalni. Meg kell említenünk egyébként a javítók nélkülözhetetlen, emberfeletti munkáját, amivel 1-2 nap alatt kijavították a több mint 250 diák összes fordulójának összes megoldását! A színvonalas és alapos munkájuknak köszönhetően egy-két kivételtől eltekintve az egész moderálás is békésen lezajlott (és a kivételek is főleg irreális kivételezést elváró csapatvezetőktől származtak). A következő nap a maradék fordulókat is kijavítottuk és ellenőriztük, így délután következhetett a pontok véglegesítése és az éremhatárok meghúzása, ezzel pedig a végső eredmények meghatározása, hiszen aznap este már a záróceremónia várt ránk.

A záróünnepség ugyanúgy Keszthelyen, a nyitóceremónia helyszínén zajlott, ahol néhány érdekes előadás vezette fel az olimpia fénypontját, az eredményhirdetést. 2013 óta ez volt a legjobb magyar szereplés az olimpián, mivel ebben az évben a két csapatunk összes tagja szerzett valamilyen elismerést! A csapattagok eredményei az alábbi módon alakultak. Bronzérem: Kozák András (11. évf., ELTE Apáczai Csere János Gyakorló Gimnázium), Mendei Barna (11. évf., Szegedi Radnóti Miklós Kísérleti Gimnázium), Soós Benjámin

(12. évf., Budapesti Fazekas Mihály Gyakorló Általános Iskola és Gimnázium), Varga Vázsony (10. évf., Budapesti Fazekas Mihály Gyakorló Általános Iskola és Gimnázium). Dicséret (Honorable Mention): Bacsó Zétény (11. évf., Budapest V. ker. Eötvös József Gimnázium), Bánhidi Dominik (12. évf., Szent László ÁMK, Baja), Császár Kornél (12. évf., Zalaegerszegi Zrínyi Miklós Gimnázium), Rajmon Imola (12. évf., Budapest XIII. kerületi Berzsenyi Dániel Gimnázium), Tófalusi Ádám (12. évf., Debreceni Református Kollégium Dóczy Gimnáziuma), Tordai Tegze (11. évf., Bethlen Gábor Református Gimnázium és Szathmáry Kollégium, Hódmezővásárhely).

Emellett a csapatversenyben is értünk el sikereket. Az elmúlt néhány évben a csapatverseny megvalósítása átalakult: eleinte az egyes országok csapattagjai összefogva versenyeztek a többi országgal, mostanában azonban vegyes csapatok alakulnak. Először a 2017-es thaiföldi olimpián volt ilyen, és ott akkora sikert aratott, hogy azóta is ez a megvalósítási metódus. Ebben a csapatversenyben az aranyérmes és az ezüstérmes csapatban is volt magyar diák, Soós Benjámin, illetve Rajmon Imola személyében. A verseny abszolút győztese a vietnami Quan Nguyen Manh lett, az egyes nemzetek összesített eredményeit tekintve pedig 5-5 arany- és ezüstéremmel Oroszország diákjai teljesítettek a legjobban. Magyarország a csak az érmek számát figyelembe vevő összesítésben holtversenyben a 15–18. helyen zárt. Nem lehet tehát okunk panaszra, a diákjaink gyönyörűen helytálltak a megmérettetésen, és szép sikerekkel öregbítették a magyar diákolimpiai mozgalom, valamint az ország hírnevét is.

Ez különösen becsülendő annak fényében, hogy míg nálunk nemcsak, hogy nem iskolai tantárgy a csillagászat, hanem a felkészítést és tehetséggondozást is szakkörök, egyesületek, kutatók, oktatók, amatőrcsillagászok és egyetemi hallgatók végzik, míg más országokban a diákokat akár az iskolából is kiveszik, hogy egy évig kifejezetten erre a versenyre tréningezzék őket, vagy több ezer diákból, hétről hétre szűkítik a kiutazó diákok körét. Ami pedig az olimpia sikerességét illeti, a külföldi vendégek, valamint az IOAA elnöke és főtitkára véleménye alapján is abszolút sikeresnek, sőt logisztikai szempontból kifejezetten példamutatónak tekinthető a keszthelyi. A diákok oldaláról pedig az egyik versenyző, akinek ez volt a negyedik olimpiája, úgy nyilatkozott, hogy az összes közül, amelyen részt vett, ennek volt a legjobb a hangulata[4].

4 További képek és videók a magyar diákolimpia facebook oldalán: https://www.facebook.com/ioaa2019/

6. ábra: A magyar csapat az eredményhirdetés után

Az tehát, hogy 2019-ben nem kellett messzire utazni, nemhogy elvett, hanem sokszorosan hozzáadott az élményhez. Az a mérhetetlen összefogás és szervezettség, amelyről tanúbizonyságot tettünk, tökéletesen átjött nemcsak nekünk, hanem annak a több száz embernek is, akiket bő egy hétig vendégül láttunk. Mind a szakmai rész, mind a programok, mind a helyszín világszínvonalú volt. Elég végignézni a képeket és az arcokat, azok mind önmagukért beszélnek. És bár hatalmas kihívás volt rengeteg nehézséggel, akármelyik kis fogaskereke volt is az ember az egésznek, a fantasztikus végeredmény minden fáradozást megért.

BESZÁMOLÓK

MIZSER ATTILA

A Magyar Csillagászati Egyesület 2019. évi tevékenysége

Szerencsés helyzetben vagyunk, ha egy-egy év eseményeinek megtervezésében segítségünkre vannak jeles évfordulók, amint az 2019-ben is volt. A száz évvel ezelőtt, 1919-ben megalakult Nemzetközi Csillagászati Unió által meghirdetett emlékév szlogenje (100 év: közös égbolt alatt) vissza-visszaköszönt rendezvényeinken. A nagyközönség számára azonban minden bizonnyal érdekesebb volt a fél évszázaddal ezelőtti Holdra szállás, amely a XX. század egyik legjelentősebb eseménye volt – és nem csupán az űrkutatás tekintetében. A mi mozgalmunk számára ugyancsak emlékezetes, hogy fél évszázaddal ezelőtt mutatta be a Magyar Televízió Kollányi Ágoston és Kulin György portréfilmjét. A *Hobbym: a csillagos ég* ma is elvarázsolja a csillagászat szerelmeseit. Az MTVA M3-as csatornája kétszer is műsorára tűzte a kétrészes filmet. Harminc évvel ezelőtt hunyt el Kulin György, az MCSE alapítója, és ugyancsak harminc évvel ezelőtt alakult újjá egyesületünk.

Ugyancsak a kerek évfordulók sorát gyarapítja, hogy október 24-én köszönthettük századik születésnapja alkalmából Guman Istvánt, a legidősebb magyar csillagászt. A Nádor utcai idősotthonban kerestük fel tagtársunkat, aki az MCSE 1946-os megalakulásának is tanúja volt, és több évtizedes kutatói-ismeretterjesztői munkájával hagyott maradandó nyomot a magyar csillagászatban. Kiss László, a CSFK főigazgatója nyújtotta át az ünnepeltnek Lovász László, az MTA elnöke által írt köszöntőlevelet.

A 2019-es év emlékezetes égi-földi eseménye volt a május 24-én, majd november 11-én a Starlink-műholdak indítása. A kommunikációs műholdflotta átvonulásai még a laikusok figyelmét is magukra vonták, a csillagász szakma pedig ekkor szembesült a maga valójában azzal, hogy mennyire feltűnőek, fényesek a Starlinkek. A témával többször is foglalkoztunk honlapunkon és a Meteorban, illetve közöltük a Nemzetközi Csillagászati Unió állásfoglalásait. Bakos Gáspár, a Princetoni Egyetem professzora fogalmazta meg azt a petíciót, amelyet honlapunkon is elhelyeztünk, és amelyhez kötetünk lezárásáig közel 17 ezren csatlakoztak.

Az év legemlékezetesebb magyarországi eseménye kétségkívül a Keszthelyen megrendezett XIII. Csillagászati és Asztrofizikai Diákolimpia volt (a diákolimpiákkal kapcsolatban l. Dálya Gergely és Kalup Csilla cikkét a 263. oldalon).

Rendezvények, események

Az év az IAU által meghirdetett 100 óra csillagászat elnevezésű programmal indult január 10–13-a között. Tíz évvel ezelőtt már volt ilyen program, most azonban a januári borult időszak nem kedvezett a távcsöves bemutatóknak. Annál nagyobb sikere volt a január 21-i hajnali teljes holdfogyatkozásnak, amelynek látványát természetesen csak azok élvezhették, akik a korai időpontban az észlelést választották. A megfigyelők számára a hajnali időpont se jelentett akadályt, ezért számos kiváló felvétel született az év első fogyatkozásáról.

A TIT Komárom-Esztergom Megyei Egyesületével együttműködésben jött létre az Asztrofotográfia című kiállítás és konferencia, amelynek apropója – az IAU 100 éves jubileuma mellett – az volt, hogy 110 évvel ezelőtt hunyt el Gothard Jenő, a csillagászati fényképezés magyar úttörője. A június 15-i konferenciának a tatai vár adott otthont, és ugyancsak itt kapott helyet a gazdag kiállítási anyag, amelynek hangsúlyos elemét jelentette a szombathelyi Gothard Obszervatórium által készített, Gothard munkásságát bemutató tablók. A kiállítási anyagot később a Meteor 2019 észlelőtáborban, majd a Polaris Csillagvizsgálóban is bemutattuk.

Az év első jelentősebb észlelőhétvégéjének ismét a hortobágyi Fecskeház Erdei Iskola adott otthont április 4–6. között, Béres Gábor szervezésében.

Éves közgyűlésünket Óbudán tartottuk, az Esernyősben (Esernyős – Óbudai Kulturális, Turisztikai és Információs Pont). A beszámolókon és éves jelentéseken kívül három ismeretterjesztő előadást is meghallgathattak a résztvevők. Orosz Tímea Szegedről érkezett, és a nők csillagászatban elfoglalt helyéről tartott ismertetést. Zsoldos Endre a Nemzetközi Csillagászati Unió 100 évét ismertette a jubileumi év kapcsán, míg Kiss László, a CSFK főigazgatója Mit hoz a jövő? A csillagászat következő 30 éve címmel végzett számunkra „jövőkutatást". A közgyűlésen vehette át elismerő oklevelét Sárközi József amatőrtársunk, aki távcsöves bemutatóként már évek óta segíti a Polaris Csillagvizsgáló munkáját, de a felújítási és karbantartási munkákból is kiveszi részét. Az elnökség Kiss Áron Keve tehetséggondozó munkáját – ifjúsági táboraink szervezése – ismerte el oklevéllel. Minthogy más irányú elfoglaltsága miatt rendezvényünkön nem tudott jelen lenni, az oklevelet egy későbbi alkalommal, az augusztus végén tartott ifjúsági táborunkon, annak vezetőjeként vehette át.

A hagyományos országos bemutatókat 2019-ben is megtartottuk, így például a május 11-i csillagászat napjára több helyszínen is készültünk. Ugyancsak több helyi csoportunk csatlakozott a június 22-i múzeumok éjszakája rendezvényeihez, továbbá a szintén hagyományosnak számító kutatók éjszakájához, amelyet szeptember 27–28-ára hirdettek meg a szervezők.

Az égi jelenségekhez kapcsolódó bemutatók közül kiemelendő a július 16-i részleges holdfogyatkozás, amelyre kedvező időpontban, az esti időszakban került sor. Ugyanekkor emlékezhettünk az Apollo–11 ötven évvel ezelőtti startjára is. Ritkasága miatt volt emlékezetes a november 11-i Merkúr-átvonulás. Három és fél évvel ezelőtt láthattunk ugyan ilyen jelenséget, de a következőre egészen 2032 novemberéig kell várnunk. A hétfői nap nem volt igazán kedvező a bemutatók szempontjából, de több helyszínen is sikerült megoldani ezt a problémát. Számos jó minőségű felvételt is készítettek észlelőink, továbbá részletes rajzok, leírások is születtek az átvonulásról.

A Polaris Csillagvizsgáló adott otthont május 18-án a Meteoritosok és meteorosok III. országos találkozójának. A XIV. Országos Napórás Találkozót Miskolcon tartottuk, a Diósgyőri Gimnáziumban, Változócsillag Szakcsoportunk 2019. évi találkozójának pedig a szentendrei Ferenczi Múzeum adott otthont november 16-án.

Kiadványok

Egyesületünk egyik fő feladata Meteor című folyóiratunk, illetve a Meteor csillagászati évkönyv megjelentetése. A Meteort – hagyományainknak megfelelően – havonta jelentettük meg, egy összevont számmal (július–augusztus). Érdekesség, hogy februárban jelent meg lapunk 500. száma. A Meteor csillagászati évkönyv 2020. évi kötetét 2019 decemberében jelentettük meg, 328 oldalnyi terjedelemben. A kötet kiadását a Magyar Tudományos Akadémia is támogatta.

A Meteor 2019/9. számának címlapja

Táborok

A nyári táborok immár fél évszázada mozgalmunk meghatározó rendezvényeinek számítanak. Az 1969-es jósvafői I. Amatőrcsillagász Camping volt az első igazán népes csillagásztábor hazánkban, lényegében ma is ugyanolyan elvek szerint szerveződnek a méltán népszerű nyári rendezvények.

Kiskun Csoportunk szervezésében július 5–14. között táborozhattak az amatőrök a Jászszentlászló melletti Kézműves tanyán. A Meteor 2019 észlelőtábort július 25–28. között tartottuk tarjáni törzshelyünkön, a Német Nemzetiségi Ifjúsági Táborban. Az elmúlt évekhez hasonlóan népes rendezvényt a bevezetőben már említett évfordulók mentén szerveztük meg. Hangsúlyos szerepet kapott a Kozmikus hatások és kockázatok (GINOP-2.3.2-15-2016-00003) elnevezésű félnapos program, amelyben hazai kutatók osztották meg velünk a Naprendszer apró égitesteivel kapcsolatos újabb eredményeket. A tábor legemlékezetesebb égi jelensége a július 25-i, -8 magnitúdós tűzgömb volt, amelyről számos beszámoló született.

Részlet a Meteor 2019 észlelőtábor csoportképéből (Kelemen Péter felvétele)

A Vega '19 Nyári Amatőrcsillagászati Megfigyelőtábor helyszíne ezúttal Őrimagyarósd volt. A július 26. és augusztus 1. között megtartott tábor a Vega Csillagászati Egyesület, az MCSE Zalaegerszegi Csoportja és a TIT Öveges József Ismeretterjesztő Egyesület szervezésében valósult meg. Ifjúsági csillagásztáborunkat 2019-ben rendhagyó módon, a nyár legvégén, augusztus 25–31. között tartottuk, ismét új helyszínen, a környebányai Erdei Iskolában. Mind

a Meteor 2019 észlelőtábor, mind ifjúsági táborunk ütemezésében figyelembe vettük a keszthelyi csillagászati diákolimpia időpontját, mivel számos tagtársunk részt vett a nemzetközi rendezvény lebonyolításában.

Helyi csoportjaink

Egyesületünk vidéki csoportjainak száma jelenleg 18. Több mint három évtizedet tekintve természetesen egy-egy helyi csoportunk életében voltak aktívabb és kevésbé tevékeny időszakok – mindig attól függően, hogy mennyire értek rá tagjaink a csillagászati szabadidős tevékenységek szervezésére. Ezért is örvendetes, hogy ismét tevékenyebb időszakába lépett Hajdúböszörményi Csoportunk, amely egyre-másra szervezi a programokat, távcsöves bemutatókat működési területén. Ugyancsak örvendetes, hogy Szegedi Csoportunk ismét nagysikerű eseményt hirdetett meg a helyi amatőrcsillagászok számára szeptember 7-én, Szegedi Távcsöves Találkozó elnevezéssel.

Éljen az ifjú pár!
A csillagászat napján a menyasszony is belepillantott Hajdúböszörményi Csoportunk távcsövébe
(Balogh Zoltán felvétele)

Polaris Csillagvizsgáló

2019-ben volt 40 éves Óbuda csillagvizsgálója, a Polaris. Egész évben vártuk az amatőrcsillagászokat és az érdeklődőket, leszámítva egy-egy rövid augusztusi és december végi szünetet, minden kedden, csütörtökön és szombaton nyitva álltunk – hála önkéntes csapatunknak.

Heti három estén tartottunk távcsöves bemutatókat, gyermekcsoportokat fogadtunk, illetve kapcsolódtunk a kerület kulturális programjaihoz is. A tavaszi és az őszi időszakban megtartottuk hagyományos keddi sorozatunkat (az előadások a Youtube-on is megtekinthetők).

Május 28-án Lovas Miklósra emlékeztünk *A legeredményesebb felfedező* elnevezésű rendezvényen, amelyen néhai tagtársunk özvegye is megjelent.

A 25 évvel ezelőtti nagy üstököskarambolról emlékeztünk meg június 11-i rendkívüli előadásunkon.

Június 29-én ismét megtartottuk a kisbolygók világnapját, november 15-én pedig – hosszú szünet után – megrendeztük a Hold-észlelők éjszakáját, a Holdra szállás 50. évfordulójához kapcsolódva.

Gazdag volt szakköri kínálatunk is. Észlelőszakkörünk havi rendszerességgel működött, emellett tükörcsiszoló szakkörön is vártuk a távcsőépítőket. A változócsillagok iránt érdeklődőknek szerveztük fotometriai szakkörünket, és a tehetséggondozásról sem feledkeztünk meg ifjúsági- és gyermekszakkörünkkel.

Folytattuk csillagászati-városismereti sétáinkat: 2019-ben három alkalommal jártuk végig a főváros emlékhelyeit, egy alkalommal, április 27-én pedig temetői sétát szerveztünk, amelyen elhelyeztük az emlékezés virágait Kulin György sírján. Ezt követően végiglátogattuk a Farkasréti temetőben nyugvó csillagászok sírjait is.

Előadás-sorozatok a Polaris Csillagvizsgálóban

Holdséta '69

Február 5. Látogatóban az Ultima Thule kisbolygónál (Tóth Imre)
Február 12. Mindenki a Holdra néz (Mizser Attila)
Február 19. Harminc évvel ezelőtt alakult újjá az MCSE (Mizser Attila)
Február 26. A nagy panda-perturbáció, avagy beszámoló a pekingi diákolimpiáról (Világos Blanka)
Március 5. Gaia-útikalauz galaxislakóknak (Szabados László)
Március 12. Holdjárók egykor és ma (Horvai Ferenc)
Március 19. Európai csillagászat a 2020-as években: tervek és vágyak (Kiss László)
Március 26. Hol volt, hol nem volt csillagképek (Gesztesi Albert)
Április 2. Repülő csészék és csészealjak (Mizser Attila)
Április 9. Új napciklus küszöbén (Hannák Judit)
Április 16. A fehér törpecsillagok világa (Kalup Csilla)

Április 23. Kulin Györgyre emlékezünk (Mizser Attila)
Április 30. Teljes napfogyatkozás 100 évvel ezelőtt (Kovács József)

Óbudai csillagok

Október 1. Mega-napvihar 160 évvel ezelőtt: a Carrington-esemény (Tóth Imre)
Október 8. A Hold túlsó oldala (Juhász László)
Október 15. Boldog csillagidők (Mizser Attila)
Október 22. AIM és HERA – veszélyes kisbolygót lőnek a következő űrszondák (Kereszturi Ákos)
Október 29. Chile: obszervatóriumok és a napfogyatkozás nyomában (Szabó Róbert)
November 5. Intersztelláris égitestek a Naprendszerben (Kiss László)
November 12. Kalandok a sötét égbolt nyomában – mérések a sztratoszférabalontól a kozmikus kempingig (Kolláth Zoltán)
November 19. Az Apollo–12 nyomában (Tóth Imre)
November 26. Ötven éve Hobbym: a csillagos ég (Mizser Attila)
December 3. A Merkúr a Nap előtt (Mizser Attila)
December 10. Régi ismerősünk: a Hold (Polaris-filmklub)

Csillagtanya

Évtizedes álmunk valósult meg 2019 júliusában, amikor birtokba vehettük új, saját tulajdonú észlelőhelyünket a lovasberényi szőlőhegyen. A vásárlást megtakarításaink tették lehetővé. A Csillagtanyára keresztelt észlelőhellyel rengeteg munkánk volt még a tél beköszönte előtt (bozótirtás, a terület kitisztítása, lomok elszállíttatása, a fűtési rendszer rekonstrukciója, bútorvásárlás stb.), de még a munkák közben is tartottunk távcsöves bemutatókat a nagyközönség számára. A fővárosból könnyen elérhető Csillagtanyán a munkák oroszlánrészét elsősorban a Polaris önkéntesei és a Lovasberény környéki amatőrcsillagászok végezték. A területre kupolát is szeretnénk elhelyezni, benne egy 35 cm-s Schmidt–Cassegrain-távcsővel. Az ősz folyamán indított gyűjtés is hozzájárult ahhoz, hogy télen is lakhatóvá vált a Csillagtanyán található épület, amelyben észlelőhétvégék, kihelyezett szakköri foglalkozások alkalmával 8-10 fő tartózkodhat.

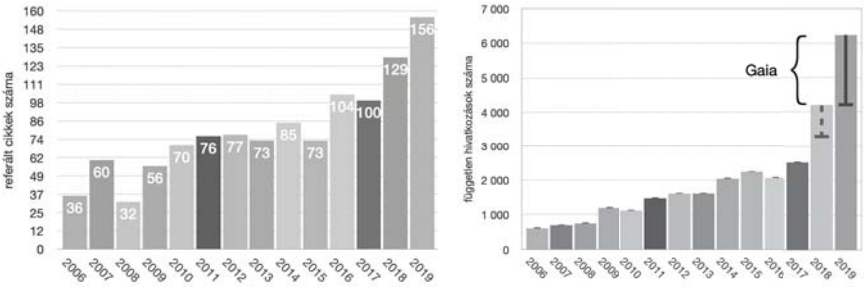
KISS CSABA – SZABÓ RÓBERT

Az MTA CSFK Csillagászati Intézetének 2019. évi tevékenysége

A 2019-es központi átszervezést követően a Csillagászati Intézet 2019-ben továbbra is a Csillagászati és Földtudományi Kutatóközpont (CSFK) részeként, de szeptember 1-től a Magyar Tudományos Akadémia (MTA) helyett az újonnan alakult Eötvös Loránd Kutatási Hálózat (ELKH) által biztosított keretek között működött. A CSFK és vele a Csillagászati Intézet és kutatói a Magyar Tudományos Akadémiával továbbra is szoros kapcsolatokat ápolnak, és a CSFK megkapta az „MTA Kiváló Kutatóhely" címet. 2019-ben 63 kutató dolgozott az intézetben (16 fokozat nélküli, 31 PhD/kandidátusi címmel rendelkező, 9 MTA doktora, 1 akadémikus és 6 emeritus kutató). Ezenkívül 18 nem kutatói besorolású, könyvtáros, gazdasági, műszaki, informatikai területen dolgozó állandó és számos eseti megbízással foglalkoztatott munkatársunk volt. Az intézet alapfeladata továbbra is az élvonalbeli tudományos kutatás, de munkatársaink aktívan részt vettek a tudományos közéletben, a felsőoktatásban egyetemi oktatóként és témavezetőként, valamint a tudományos ismeretterjesztésben is. A Csillagászati Intézetben jelenleg hét akkreditált kutatócsoport működik: Konkoly Űrcsillagászat, Bolygó- és Csillagkeletkezési Csoport (Ábrahám Péter vezetésével); Asztrofizikai és Geokémiai Laboratórium (Kereszturi Ákos); Naprendszerkutató Csoport (Kiss Csaba); Csillagpulzáció, Űrfotometria, Exobolygók Kutatócsoport (SPEX, Szabó Róbert); Lendület „AGB Nuclei & Dust" Csoport (LAND, Maria Lugaro); Nap- és Csillagaktivitás Kutatócsoport (SOLSTART, Kővári Zsolt); Extragalaktikus Asztrofizika Kutatócsoport (Vinkó József). 2019-ben is folytatódtak azok a pályázatok, amelyek az ELKH-tól származó alapfinanszírozás és több kisebb, hazai és nemzetközi pályázat mellett már korábban is jelentős hozzájárulást adtak az intézet költségvetéséhez; ezek a Maria Lugaro és Kóspál Ágnes által vezetett ERC-pályázatok, a Kozmikus hatások és kockázatok és a Tranziens asztrofizikai objektumok című GINOP-pályázatok, valamint Szabó Róbert Lendület-pályázata.

Tudományos eredmények

A Csillagászati Intézet kutatói 2019-ben 464 tudományos közleményt publikáltak, ebből 156 jelent meg a csillagászat, fizika és planetológia nemzetközi, referált szakfolyóirataiban; ez jelentős, mintegy 20%-os növekedés 2018-hoz képest. A referált cikkek több mint 90%-a a legnagyobb hatású (Q1), ezen belül 8% kiemelt hatású (D1) folyóiratokban jelent meg. Tudományos közleményeinkre több mint 6000 hivatkozás érkezett, ami szintén igen számottevő, 50%-os növekedés a korábbi évhez viszonyítva. Hasonlóan 2018-hoz, a 2019-es növekmény mintegy fele intézetünk kutatóinak az ESA Gaia missziójában való részvételét tükrözi, de hangsúlyozandó, hogy a Gaia-cikkeket leszámítva is látványos a növekedés. Az intézeti publikációk teljes listája elérhető a Magyar Tudományos Művek Tárában (mtmt.hu). A számos tudományos eredmény közül az alábbiakban mutatunk be néhányat.



Balra a Csillagászati Intézet által az utóbbi években referált folyóiratokban publikált cikkek száma, jobbra a cikkekre kapott független hivatkozásoké. A 2018-as és 2019-es hivatkozási számok oszlopain a „Gaia" felirathoz tartozó jelek az ESA Gaia űrtávcsövével kapcsolatos cikkekre kapott hivatkozásokat jelzik.

A csillagok belső szerkezete és pulzációja

A csillagfejlődés legtöbbször túl lassan történik ahhoz, hogy egyetlen csillagban emberi időskálán is kimutatható legyen. Az aszimptotikus óriáságon (AGB) zajló termális pulzusok az egyik kivétel ezalól. A legfejlettebb modellező eszközök és amatőr csillagászok által több évtizeden át gyűjtött adatok kombinálása lehetővé tette, hogy most először azonosítsunk egy pontosan ebben

a fázisban levő csillagot. Molnár László és munkatársai megmutatták, hogy a T Ursae Minoris csillag pulzációs periódusában észlelt gyors változás és a hozzá köthető sugárváltozás oka az, hogy a csillag a közelmúltban termális pulzusba kezdett. Felfedezték, hogy a csillag kétmódusú pulzációra váltott, és a csillagszeizmológiai adatokból meghatározták az alapvető fizikai paramétereit. MESA csillagfejlődési és GYRE lineáris pulzációs modellek segítségével egyszerre követték végig a csillagszerkezet és az oszcilláció fejlődését különböző tömegű modellekben, és egy kifinomult iteratív mintavételezési eljárással 10 év alatti időfelbontást értek el a termális pulzusok kezdeténél. A T UMi kezdeti tömegére 2,0±0,15 naptömeget, a korára 1,17±0,21 milliárd évet határoztak meg. Ez eddig a legpontosabb tömeg- és kormeghatározás egy nem kettős AGB csillagra. A modellszámítások végső tesztje a csillag fejlődésének nyomon követése lesz: az előrejelzések szerint a T UMi pulzációs periódusai néhány évtizedig tovább csökkennek majd, mielőtt visszafordulnának, és növekedni kezdenének, ahogy a csillag tágulni kezd (Molnár, L., Joyce, M., Kiss, L. L., 2019, Astrophysical Journal, 879, 62).

Jurcsik Johanna az M3 gömbhalmaz blazskós RR Lyrae-csillagai (olyan RR Lyrae típusú pulzáló változócsillagok, amelyek szabályos fényváltozásában ciklikus változások – amplitúdó- és fázismoduláció – figyelhetők meg) fotometriai idősorait vizsgálta. Ez az első nagyobb, homogén minta, ahol a Blazskó-tulajdonságok részletesen vizsgálhatóak. A Blazskó-periódust és teljes fénygörbemegoldást 83 alapmódusú változóra határozta meg. A fázismoduláció hiánya az Oosterhoff–II-típusú csillagoknál és a moduláció relatív erősségének csökkenése a hosszabb periódusú Oosterhoff–I csillagoknál jeleznek egyedül kapcsolatot a pulzációs és modulációs tulajdonságok között. Az eredmények azt sugallják, hogy a moduláció időszakos kísérője az RR Lyrae csillagok pulzációjának. A hőmérséklet- és sugárváltozás következményeinek szétválasztása megerősíti azt a korábbi eredményt, miszerint a fotometriai sugárváltozás nem mutat fázismodulációt (Jurcsik, J., 2019, Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, 490, 80).

Paparó Margit széles látókörű összefoglaló cikket közölt az asztroszeizmológia történetéről, mai kihívásairól és annak lehetséges jövőjéről. A cikk áttekinti a pulzáló változócsillagok kutatásának történetét 1950-től 2018-ig, kitérve a magyar kapcsolatokra és hozzájárulásokra is. Kiemel olyan problémás területeket, amelyek még ma is léteznek az űrmissziókból (pl. MOST, CoRoT, Kepler) származó kiváló minőségű fotometriai adatok ellenére, és amelyeket nem lehetett

megoldani egyszerű elméleti modellekkel. Ilyen pl. a nemradiális módusokban pulzáló fősorozati csillagok esete. Az űrcsillagászati adatok óriási mennyisége miatt új technikák szükségesek azok elfogadható időn belüli feldolgozásához (Paparó, M., 2019, Frontiers in Astronomy and Space Sciences, 6, 26).

Nap- és csillagaktivitás

A szoláris aktivitás É–D-i aszimmetriát mutat, ami abban nyilvánul meg, hogy a napfolttevékenység különböző a két félgömbön. Négy Schwabe-ciklus alatt az egyik, majd a következő négy ciklus alatt a másik félgömbön alakul ki hamarabb az aktivitás. Mivel az interplanetáris mágneses teret a napszél és a szoláris mágneses terek kölcsönhatása alakítja, Muraközy Judit a fentebb említett szoláris É–D-i aszimmetria megnyilvánulásait kereste interplanetáris és geomágneses adatok idősoraiban. Az eredmények szerint ez az aszimmetria kimutatható a szoláris flerek adataiban, viszont nem mutatható ki a napszél sebességének vizsgálatával. Ugyanakkor az interplanetáris mágneses tér változása a szoláris félgömbi aszimmetria változásaival hasonló menetet mutat a vizsgált időtartam 80%-ában, míg egyes geomágneses indexek esetén kb. 65%-ában (Muraközy, J., 2019, Solar Physics, 294, 46).

Vida Krisztián és munkatársai nagy számú archív mérés segítségével M-törpék spektrumában koronakidobódások nyomát keresték. Az 5500 vizsgált spektrumból 478 esetben találtak aszimmetriát a Balmer-vonalakban (köztük 9 nagyobb eseménnyel), amely a Doppler-eltolódásból következően kidobódott anyagra utalhat. Az események zöme flerekhez köthető, a Napunkhoz hasonlóan. A legtöbb esetben az események sebessége nem éri el a felszíni szökési sebességet. A koronakidobódások gyakoribbak a hidegebb, mágnesesen aktívabb csillagokon. Az eredmények támogatják azt az elképzelést, amely szerint a kitöréseket a csillagok erős mágneses tere gyengíti, vagy akár teljesen blokkolja a plazma „befagyása" miatt. Az eredmények arra utalnak, hogy még a késői típusú, aktívabb csillagok is biztonságosabbak lehetnek a korábban véltnél a koronakidobódások szempontjából, és a bolygók légkörének eróziójában a sugárzás nagyobb szerepet tölthet be (Vida, K., Oláh, K., Kővári, Zs. és mások, 2019, Astrophysical Journal, 884, 160).

Csillag- és bolygókeletkezés, az intersztelláris anyag fizikája

A második Gaia-adatkibocsátás (DR2) több mint 1,6 milliárd objektumra tartalmaz asztrometriai és fotometriai adatokat, köztük sok fiatal csillagra (közkeletű angol rövidítéssel YSO, young stellar object), amelyek a fejlődésük különböző állapotaiban vannak. A Tejútrendszer fiatal csillagainak feltérképezése érdekében Marton Gábor és munkatársai a Gaia DR2 adatokat kombinálták a WISE űrtávcső, valamint a Planck űrtávcső méréseivel, és egy teljes égboltot lefedő, valószínűségeken alapuló YSO-katalógust készítettek olyan gépi tanulási módszerek segítségével, mint a tartóvektor gépek, véletlen erdők és neurális hálózatok. A bemenő katalógus 103 millió objektumot tartalmazott a DR2xAllWISE közös táblázatból. Az objektumokat 4 fő típusba sorolták: YSO-k, extragalaktikus források, fősorozati csillagok és elfejlődött csillagok. 90% valószínűségi küszöbérték felett 1 129 295 fiatal csillag jelöltet azonosítottak. Két felhasználási módot mutattak be: (1) Feltérképezték az Orion A csillagkeletkezési régió háromdimenziós szerkezetét, és megmutatták, hogy az általuk azonosított YSO-k térbeli eloszlása jól egyezik az irodalomban újabban bemutatottakkal. (2) A katalógus segítségével már publikált Gaia-riasztásokat klasszifikáltak. Mivel a Gaia űrtávcső számos alkalommal készít felmérést a teljes égről, ezért hatékonyan tudja azonosítani a tranziens eseményeket, többek között a YSO-k hirtelen fényváltozásait, amelyeket a csillag körüli korongok dinamikai folyamatai okoznak. Sok esetben azonban a publikált riasztáshoz tartozó objektumok fizikai természete eddig nem volt ismert. A katalógussal történt keresztkorreláció alapján a fiatal csillagok miatti riasztások száma 30%-kal magasabb, mint azt korábban gondolták, ezért a katalógus fontos a jövőbeli riasztások azonosítása szempontjából is (Marton, G., Ábrahám, P., Szegedi-Elek, E. és mások, 2019, Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, 487, 2522).

A V582 Aur fősorozat előtti FU Orionis típusú csillag. A legutóbbi eredmények szerint a forrás fényességében 2012-ben és 2016-ban minimum következett be, amelyet a változó látóirányú extinkció okoz. Az észlelt jelenség magyarázható egy, a csillag körül közelítőleg 5 éves periódussal keringő porfelhővel. A jelentős változékonyságot mutató rendszer jelenlegi viselkedésének vizsgálata céljából kutatóink 2018. január 14. és 2019. február 5. között készült új optikai (B, V, R és I sáv) és közeli-infravörös (J, H és K sáv) méréseket analizáltak, amelyeket a Wide-field Infrared Survey Explorer (WISE)

középinfravörös tartománybeli adataival egészítettek ki. Eredményeik azt mutatják, hogy a 2016-ban kezdődött minimum jelenleg is tart. Amennyiben ezt a halványodást ugyanaz a porfelhő okozza, mint a 2012-ben történt elhalványodást, akkor az a porfelhő viszkózus szétterülésére utal. Ugyanakkor a jelenlegi minimumot okozhatja egy, a rendszer belső régióját megközelítő, majd elhagyó porstruktúra is. A hosszú távú adatok elemzése utalhat a csillag általános halványodására is. Ebben az esetben a forrás kb. 80 éven belül visszatér a nyugalmi állapotába (Ábrahám, P., Kóspál, Á., Kun, M. és mások, 2019, Astrophysical Journal, 853, 28)

Exobolygórendszerek

A TRAPPIST–1 exobolygórendszer hét kőzetbolygójából három (az e, f és g jelű) a központi csillag lakhatósági zónájában kering, felszínükön cseppfolyós halmazállapotú víz lehet jelen, ami szükséges az élet kialakulásához. A legfrissebb kutatások alapján a bolygók egy, a hóhatáron túl elhelyezkedő, vízben gazdag tartományban keletkeztek. Egy fiatal, kis tömegű csillag sugárzásának hatására a bolygók kialakulásuk során elveszíthetik kezdeti vízkészletüket. Azonban egy, a Naprendszerben lezajlott késői nagy bombázáshoz (Late Heavy Bombardment, LHB) hasonló vízszállítási folyamatnak köszönhetően a bolygók vízkészlete ismét feltöltődhet. A vízszállítási folyamat vizsgálatához Dobos Vera és munkatársai olyan modellt készítettek, amelyben a TRAPPIST–1 ismert bolygóin túl egy további 5–50 földtömegű bolygó kering egy vízben gazdag aszteroidaövbe ágyazva, a rendszer hóhatárán túl. A feltételezett bolygó az aszteroidapályák perturbálása révén kiüríti az ún. kaotikus zónáját. Az eddig felfedezett bolygók elnyelhetik a rendszer belső részeibe kerülő perturbált pályájú aszteroidákat. A legfontosabb eredmény, hogy a csillagtól egyre távolabb keringő bolygókra egyre nagyobb vízmennyiség juthat az LHB-eseményhez hasonló vízszállítással. Továbbá az aszteroidabombázási eseménynek létezik egy gyors heves és egy hosszabb lefolyású enyhébb fázisa, az aszteroidák eredeti pozíciójától függően. Az ultrahideg M törpe TRAPPIST–1 csillag körül keringő hét bolygó új tömeg- és sugáradatait felhasználva meghatározták a belső négy bolygó lehetséges belső szerkezetét és árapályfűtését is. Megmutatták, hogy a TRAPPIST–1e a legesélyesebb arra, hogy az élet szempontjából kedvező környezetet tartson fenn, figyelembe véve a felszíni hőmérsékletét és

a lehetséges felszíni óceánokat. A d bolygó szintén elkerülheti a megszaladó üvegházhatást (amelynek során visszafordíthatatlanul elvesztené teljes felszíni vízkészletét), ha a felszín fényvisszaverő képessége legalább olyan erős, mint a Földé. A b és c bolygók, mivel közelebb vannak a csillagukhoz, a megszaladó üvegházhatás állapotában lehetnek, és erős vulkanizmus formálhatja felszínüket, ami így túl forró lehet az élet számára. Az f, g és h bolygók túl távol keringenek a csillagtól ahhoz, hogy jelentős árapályfűtésük legyen, és a feltehetően jeges felszínük alatt folyékony óceánok húzódhatnak (Dobos, V., Barr, A. C., Kiss, L. L., 2019, Astronomy & Astrophysics, 624, 2).

A Naprendszer égitestjei

A két különálló testből összeállt üstökösmagok gyakoriak, de az ezeket kialakító tényezők ma még szinte ismeretlenek. Az üstökösmagok a Naphoz elegendő közelségben a jegek szublimációjával erodálódnak, de az még nem tisztázott, hogy ebben a folyamatban milyen szerepe van a mag belső szerkezetének. Egy nemzetközi kutatócsapat Tóth Imre részvételével a Rosetta űrmisszió képfelvételeinek térbeli (3D) elemzésével vizsgálta a 67P/Churyumov-Gerasimenko üstökös magját évmilliárdok alatt formáló folyamatokat. Kimutatták, hogy az üstökösmag felszíne és belseje nyírási deformációkból származó vetődési és törésrendszereket mutat 10-100 méteres térbeli méretskálán. A törésrendszer a felszín alatt mintegy 500 méter mélységig terjed a mechanikailag homogén anyagban. A törésrendszer analízise alapján, illetve a mechanikai feszültség modellezésével megmutatható volt, hogy a nyírási deformáció törésrendszereket alakít ki, ami a felszín mechanikai erózióját is alakítja, befolyásolja. Ez erősen szembetűnő a 67P üstökös magja két összetevőjének csatlakozási vagy „nyaki" részén, ahol a mag belső része is a felszínre került. Ezekből arra következtettek, hogy a nyírási deformáció alakítja és strukturálja a két testből összetett üstökösmagok felszínét és belsejét, különösen a külső Naprendszerben, ahol a vízjég szublimációja elhanyagolható (Matonti, C., Attree, N., Groussin, O., ..., Tóth, I. és mások, 2019, Nature Geoscience, 12, 157).

Pál Bernadett és munkatársai a Mars felszínhez közeli relatív nedvességtartalmának évszakos változásait vizsgálták. A Mars felszínén három jellegzetesen elkülönülő területet találtak, amelyek felett éjszakánként magasabb a relatív nedvességtartalom, mint a környezetükben. Ez a három terület a bolygó fel-

színéről készített hőtehetetlenség-térképekkel összevetve egybeesik három, alacsony hőtehetetlenségű zónával. Ezek feltehetőleg finom szemcséjű porral borított területek, amelyek éjszaka gyorsabban hűlnek más területeknél, ezzel elősegítve a felszín feletti relatív nedvességtartalom növekedését. Ez a jelenség hozzájárulhat a térségben a higroszkópos sók felszínén, mikroszkopikus mennyiségben megjelenő folyékony vízhez (Pál, B., Kereszturi, Á., Forget, F., Smith, M. D., 2019, Icarus, 333, 481).

Galaktikus és extragalaktikus asztrofizika

Az utóbbi évek egyik legjelentősebb csillagászati eredménye volt egy kettős neutroncsillag összeolvadásának megfigyelése többcsatornás mérésekkel. A GW170817 jelű gravitációshullám-eseményt több elektromágneses sávban is sikerült kimutatni. A jelenség utófénylésére alapvetően kétféle magyarázat kínálkozik: vagy egy keskeny, kollimált, relativisztikus jet, vagy egy, a tér minden irányába egyformán táguló anyagkifúvás. Nagy felbontást nyújtó rádióinterferométeres mérések lehetővé tették e kérdés eldöntését. Ennek érdekében a GW170817 rádió-utófénylését az esemény után 207,4 nap elteltével egy globális, nem kevesebb mint 32 teleszkópból álló VLBI hálózattal figyelték meg, a Csillagászati Intézetből Frey Sándor részvételével. A kompakt forrást sikerült detektálni, és megállapítani, hogy legfeljebb 2,5 milliívmásodperc kiterjedésű lehet. Ez a kis méret kizárja az izotrop kifúvás lehetőségét, és egy strukturált jet jelenlétére utal. A becslések szerint a neutroncsillag-összeolvadások 10%-a produkálhat ilyen jeteket (Ghirlanda, G., Salafia, O. S., Paragi, Z., ... Frey, S. és mások, 2019, Science, 363, 958).

Regős Enikő és Vinkó József megvizsgálták nagy vöröseltolódású ($z > 2$) szupernóvák kimutathatóságát a James Webb-űrtávcső NIRCam kamerájával a középinfravörös tartományban. Megállapították, hogy bár a szuperfényes szupernóvák akár z~10 távolságból is láthatóak lennének, térbeli és időbeli ritkaságuk miatt kevés esély kínálkozik detektálásukra az űrtávcső élettartama alatt. Ia típusú szupernóvákat ezzel szemben nagyobb számban (~50) várhatunk, kb. z~4 vöröseltolódásig. Kimutatták, hogy a [150-356] – [220-440] szín-szín diagramon az Ia-szupernóvák más tranziensektől eltérő tartományban helyezkednek el, ami hasznos lehet az ilyen típusú tranziensek felfedezésében és azonosításában (Regős, E., Vinkó, J., 2019, Astrophysical Journal, 874, 158).

Nukleáris asztrofizika

A gyors neutronbefogási folyamat („r-folyamat") a nukleáris asztrofizikában olyan folyamatok összefoglaló neve, amelyek a vasnál nehezebb elemek mintegy felének keletkezéséért felelősek. Benoit Côté és munkatársai ebben a munkában áttekintették azokat a megfigyelési tényeket, amelyek az r-folyamatban létrejövő elemek keletkezési helyeihez kapcsolódnak, és összevetették ezeket kémiai fejlődési szimulációkkal, kettősök fejlődési modelljeivel és elemképződési modellekkel. A cél azon keletkezési helyek megtalálása volt a Tejútrendszerben, amelyek a legjelentősebben járulnak hozzá az r-folyamatban képződött elemek teljes tömegéhez. A várakozással szemben a neutroncsillag-neutroncsillag összeolvadások egyedül nem lehetnek felelősek a megfigyelt elemgyakoriságért (leginkább az európium esetében nem), az egyéb pl. gamma-felvillanásokból vagy a populációszintézis-modellekből származó kényszerek figyelembevételével. Az egyik lehetséges megoldás egy olyan forrás létezése, ami csak a korai Világegyetemben aktív, és jelentősége csökken a növekvő fémességgel – ez lehet felelős a teljes európium 50%-áért az SN Ia szupernóvák fellobbanása előtt. Ezek a források lehetnek akár különleges szupernóvák is, de ezt jobban meg kell vizsgálni hidrodinamikai szimulációkkal is (Côté, B. és mtsai, 2019, Astrophysical Journal, 875, 106).

Műszerfejlesztés

Mérnökeink az OPTICON Horizon 2020-as nemzetközi projekt több távcsőfejlesztési programjában is részt vettek vezető szerepben. Ezek közé tartozik egy elsősorban csillagászati műszerekbe szánt új típusú, bonyolult optikai felületű, deformálható tükör fejlesztése, amelyhez elkészítették a tükör valós geometriájú 3D modelljét, valamint a pontos mechanikai viselkedését jól leíró numerikus modellt. Részt vettek a következő generációs, már 3D-nyomtatással készülő deformálható tükör gyártási folyamatának tervezésében, valamint a Chilében épülő 39 méteres ELT (Extremely Large Telescope) első generációs közép-infravörös műszerének (METIS) munkálataiban (Farkas Szigfrid, Mező György).

2019-ben is folytatódott a CAMELOT projekt, amelynek célja egy 1 egységes (1 unit, 1U), azaz 100×100×113,5 mm méretű, a CubeSat szabványnak megfelelő kis műhold építése, amelynek segítségével nagyobb (3 egységes) maj-

dani műholdakon is repülő, gamma-felvillanásokat érzékelő detektorkonfigurációk vizsgálhatók éles, űrbeli környezetben. Ennek része volt a detektorokhoz köthető részecskefizikai szimulációk, és az ebből származó helymeghatározási pontosság kiszámítása, az elektronikai rendszerek tervezése és prototipizálása, a detektortartó megtervezése, valamint egy leképező infraszenzorokon alapuló helyzetmeghatározási eljárás kidolgozása (Pál András és munkatársai).

Párbeszéd a tudomány és a társadalom között

Az intézet kutatói továbbra is nagyon aktívak az ismeretterjesztésben, igyekeznek minden megkeresésre reagálni. Munkájukat 2019-ben is több száz médiamegjelenés, több tucat ismeretterjesztő előadás, ennél is több írás és fordítás jelezte. A jövőbeni csatlakozás reményében az intézet koordinálja az Európai Déli Obszervatórium (ESO) híreinek magyarra fordítását, illetve a tudományterület legfontosabb ismeretterjesztő hírportálja, a csillagaszat.hu szakmai felügyeletét is. A Magyar Csillagászat Nonprofit Kft., valamint sok külső partner és gyakorlatilag a teljes hazai (professzionális és amatőr) csillagász közösség bevonásával nagy sikerrel vezényelték le a Keszthely–Hévíz helyszíneken megrendezett 13. Nemzetközi Csillagászati és Asztrofizikai Diákolimpiát. A részben akadémiai infrastruktúra-fejlesztési támogatással elkezdett, 2018-tól jórészt önerőből folytatott és a befejezéshez közel álló „Csillagászati és földtudományi kutatóképző szaklaboratórium" oktatási és tudománykommunikációs infrastruktúra szerves fejlődéssel átalakult, és 2019-től Svábhegyi Csillagvizsgáló néven tart rendszeresen nyitva. Többek között a helyreállított történelmi 60 cm-es Heyde-teleszkóp és a 30 cm-es lencsés távcső is – az ország legnagyobb tükrös, illetve lencsés bemutató távcsöveiként – várják a látogatókat. A tudomány és a kultúra találkozási helyét az immár hagyományos augusztusi Herschel-hangverseny és Budapest város építészeti öröksége részeként a Svábhegyi Csillagvizsgálót bemutató, 2019-ben is folytatódott séták is fémjelezték.

Hazai és nemzetközi kapcsolatok, pályázatok

Hazai: 2019-ben is eredményes intézményi kapcsolatokat tartottunk fent hazai csillagászati kutatóhelyekkel, ezek: a Szegedi Tudományegyetem, az ELTE

Csillagászati Tanszék, az ELTE Fizikai Intézet, az ELTE szombathelyi Gothard Asztrofizikai Obszervatóriuma és a debreceni Atommagkutató Intézet. Kutatóink az alábbi kurzusokat tartották, illetve vettek részt előadásokkal. ELTE: Planetológia; A Mars földrajza és geológiája (előadás és gyakorlat); Csillagaktivitás; Csillagok világa; Bevezetés a csillagászatba; Informatika a csillagászatban; A Naprendszer peremén II., Exobolygólégkörök; Égboltismeret és planetárium (előadás és gyakorlat), A galaxisok világa, Asztrostatisztika; SZTE: Csillagászati spektroszkópia; Elméleti asztrofizika I–II.; Űrcsillagászat; Galaktikus csillagászat, Sugárzási folyamatok a csillagászatban; DE: Bevezetés a csillagászatba.

Nemzetközi: Kutatóink folytatták nemzetközi együttműködéseiket a Herschel, Gaia, KASC, TASC, CHEOPS, PLATO, ARIEL, SPICA, Rosetta, LUNA, NuGrid, JINA, JUNA, HATNet, Matisse, ChETEC (Chemical Elements as Tracers of the Evolution of the Cosmos), MW-Gaia (Revealing the Milky Way with Gaia), Europlanet, SBNAF (Small Bodies Near and Far), CID (Chemistry in Disks), SoFAR (Seismology of fast rotating stars), GALAH, WEAVE, LSST, HETDEX projektekben. 2019-ben is számos esetben sikerült elnyerni észlelési időt/célpontokat csillagászati nagyműszerekre és űrtávcsövekre (APEX, ALMA, CFHT, IRAM, ESO VLT/VLTI, SMA, VLA, VLBI, e-Merlin, LBA, EVN, XMM-Newton, HST) nemzetközi együttműködésben.

Rendezvények, mobilitás: A beszámolási időszakban több jelentős hazai és külföldi találkozó és szakmai workshop megrendezésében vettek részt az intézet kutatói: Thermal Models in Planetary Science 2019 (Budapest, 2019. február 20–22.); MTA előadóülés – 100 év közös égbolt alatt (MTA, Budapest, 2019. május 13.); European Week of Astronomy and Space Science, S11 Symposium – Protoplanetary disks: the birth places of planets (2019. június 24–28, Lyon, Franciaország); TASC5/KASC12 workshop (MIT / Cambridge, USA, 2019. július 22–26.); Mendeleev 150: 4th International Conference on the Periodic Table (2019. július 26–28., Szentpétervár, Oroszország); Nuclear Physics in Astrophysics IX (Frankfurt, Németország, 2019. szeptember 15–20.); 7th biannual p-process workshop (Serralunga d'Alba, Olaszország, 2019. szeptember 22–27.); Current and future trends in debris disc science II (Budapest, 2019. szeptember 23–25.); „Science History, Connectivity and Co-operation. The 250th anniversary of the Venus transit 1769" (MTA, Budapest, 2019.

szeptember 26.); RRL/Cep 2019 – Frontiers of Classical Pulsators: Theory and Observations (Cloudcroft, New Mexico, USA, 2019. október 13–18.);

Az intézet kutatói több hosszabb **tanulmányutat** tettek a Swinburne és Monash Egyetemeken (Melbourne, Ausztrália); a Bécsi és Grazi Egyetemeken (Ausztria); az ESO santiagói központjában, és La Silla-n, Paranalon és Chajnantoron található obszervatóriumaiban (Chile); a Cambridge-i, a Hertfordshire-i, és a Hull-i Egyetemeken (Egyesült Királyság); a nizzai Sophia Antipolis Egyetemen, az Institut de Planétologie et d'Astrophysique de Grenoble-ban és a Bordeaux-i Egyetemen (Franciaország); a ESA kouroui bázisán (Francia Guyana); a Leideni Egyetemen és a Kapteyn Csillagászati Intézetben (Groningen), valamint a Joint Institute for VLBI ERIC-ben (Dwingeloo, Hollandia); a Kavli Institute for the Physics and Mathematics of the Universe-ben (Tokió), valamint a Tokiói és Hirosimai Egyetemeken (Japán); a Tsinghua Egyetemen (Peking), a Sanghaji Csillagászati Obszervatóriumban és a Spacety Inc.-nál (Changsha, Kína); több németországi Max Planck Intézetben; az Európai Déli Obszervatórium (ESO) garchingi központjában, a Leibniz Intézetben (Potsdam), a Berlini Szabadegyetemen és a berlini DLR űrkutatási központban (Németország); az Adam Mickiewicz Egyetemen (Poznań) és a Nemzeti Tudományos Központban (Krakkó, Lengyelország); az Osservatorio Astronomico di Roma-ban (Olaszország); az Európai Űrügynökség ESAC központjában (Madrid), az Universidad Autónoma de Madrid-ban és az Institut de Radioastronomie Millimétrique granadai intézetében (Spanyolország); az International Space Science Institute-ban (Bern), az École Polytechnique de Lausanne-ban (Lausanne) és az Eidgenössische Technische Hochschule-ben (Zürich, Svájc); a Szlovák Műszaki Egyetemen (Pozsony, Szlovákia); a Belgrádi Obszervatóriumban (Szerbia); a Michigan State University-n (East Lansing), a McDonald Obszervatóriumban (Texasi Egyetem, Austin, TX), a Harvard–Smithsonian Center for Astrophysics-ben (Boston), a Johns Hopkins University-n (Baltimore), a Los Alamos National Laboratory-ban (Los Alamos, New Mexico), a North Carolina State University-n (Raleigh, North Carolina), a University of Notre Dame-ban (South Bend, Indiana, USA); a University of Victoria-n (Victoria, British Columbia, Kanada), valamint Ausztriában, az Egyesült Államokban, Franciaországban, Olaszországban és Szlovákiában nyári egyetemeken. **Vendégkutatókat** fogadtak Argentínából, Ausztráliából, Ausztriából, Csehországból, az Egyesült Államokból, az Egyesült Királyságból, Finnországból, Franciaországból, Japánból, Kínából, Németországból, Olaszországból, Spanyolországból, Svájcból és Szlovákiából.

A 2019-ben elnyert jelentősebb hazai és nemzetközi pályázatok

Csillagok mágneses aktivitása és annak hatásai a környezetre, NKFIH K19, *43,992 M Ft*, vezető kutató: Kővári Zsolt; Új kezdetek a csillagászati interferometriában: képalkotás és színképek a csillagok legbelső környezetéről, NKFIH K19, *47,794 MFt*, vezető kutató: Ábrahám Péter; Ultrahideg törpecsillagok körüli exobolygórendszerek lakhatósága, NKFIH PD19, *23,395 M Ft*, vezető kutató: Dobos Vera; Kapcsolat a csillagfoltok és -flerek között a TESS űrtávcső mérései alapján, NKFIH TéT együttműködési pályázat, *3,664 M Ft*; vezető kutató: Vida Krisztián; Rádiókvazárok a világegyetem hajnalán – nagy felbontású VLBI megfigyelések az SKA korszaka előtt, NKFIH TéT együttműködési pályázat, *3,816 M Ft*; vezető kutató: Frey Sándor; Aktív galaxismagok nagy energiájú részecskesugárzása, MTA Prémium Postdoc pályázat, *29,964 M Ft*, vezető kutató: Kun Emma.

PETROVAY KRISTÓF

Az ELTE Csillagászati Tanszékének működése 2019-ben

Személyi állomány

Kutrovátz Gábor szeptembertől más egyetemen fogadott el állásajánlatot. Helyette Szentirmayné Gabányi Krisztina csatlakozott tanszékünkhöz. *A tanszék személyi állománya* így 2019 őszén a következő volt: Petrovay Kristóf tanszékvezető egyetemi tanár; Balázs Béla emeritus professzor; Érdi Bálint emeritus professzor; Balázs Lajos egyetemi magántanár; Forgácsné Dajka Emese adjunktus; Szentirmayné Gabányi Krisztina adjunktus; Sándor Zsolt adjunktus; Süli Áron adjunktus; Tóth L. Viktor adjunktus; Fáy-Siebenbürgen (Erdélyi) Róbert tud. főmunkatárs; Belucz Bernadett tud. munkatárs; Marschalkó Gábor tud. munkatárs; Nagy Melinda tud. segédmunkatárs; Ankáné Flender Olga obszervátor.

Vendégkutatók: Elek Anett; Gyenge Norbert, Korsós Marianna, Pál András, Sztakovics János.

Doktoranduszok, doktorjelöltek: Anyiszonyan Artúr, Bőgner Rebeka, Császár Anna, Hajdu Tamás, Kovács Gábor, Kővári Emese, Perger Krisztina, Stermeczky Zsófia, Suleiman Nofoz, Talafha Mohammed.

Óraadók, külső előadók: Barnaföldi Gergely, Borkovits Tamás, Frey Sándor, Kálmán Béla, Kereszturi Ákos, Kiss Csaba, Kiss László, Kővári Zsolt, Kutrovátz Gábor, Németh Zoltán, Opitz Andrea, Szabó Róbert, Vida Krisztián.

Sándor Zsolt 2019 áprilisában habilitált. Nagy Melinda szeptemberben megvédte PhD-értekezését.

Oktatás és ismeretterjesztés

A csillagász mesterszakon és az alapszakok csillagászat szakirányain zökkenőmentesen tovább folyt az oktatás.

Planetáriumi műszerünket továbbra is intenzíven használjuk mind az oktatás, mind a tudományos ismeretterjesztés területén. Belucz Bernadett, Hajdu Tamás, Nagy Melinda és Sztakovics János az év során számos planetáriumi bemutatót

tartott iskolai osztályok, szakkörök, ELTE-dolgozók, ill. szakmai érdeklődők részére. Az ELTE-n szeptemberben és februárban megrendezett nyílt napokon ismét planetáriumi műsorokkal működtünk közre.

Továbbra is örvendetesen élénk a csillagász tudományos diákköri tevékenység. Hallgatóink nagy sikerrel szerepeltek áprilisban Egerben a XXXIV. OTDK konferencián. Kovács Tímea (tv. Tóth L. Viktor) I. díjat és Pro Scientia érmet, Seli Bálint (tv. Vida K.) I. díjat, Kalup Csilla (tv. Sódorné Bognár Zs.) és Kővári Emese (tv. Érdi B.) II. díjat, Kovács Gábor (tv. Nuspl J., Szabó R.), Szabó Zsófia és Zsidi Gabriella (tv. Kóspál Á., Ábrahám P.) kiemelt különdíjat, Könyves-Tóth Réka (tv. Vinkó J.), Stermeczky Zsófia (tv. Vinkó J.) és Szabó Zsófia (tv. Ábrahám P., Kóspál Á.) különdíjat, Asztalos Balázs (tv. Forgácsné Dajka E.), Benke Petra (tv. Frey S.) és Soós Szabolcs (tv. Forgácsné Dajka E.) pedig dicséretet kapott.

Az év végi kari csillagász TDK konferencián 17 előadás hangzott el. A három szekcióban született eredmények az alábbiak: Kiemelt I. díj: Könyves-Tóth Réka (tv. Vinkó J.), Krezinger Máté (tv. Frey S., Gabányi K.). I. díj: Csörnyei Géza (tv. Dobos L.), Csörnyei Géza (tv. Szabados L.), Haris-Kiss András és Kecskeméthy Viktória (tv. Tóth L. V.), Kalup Csilla (tv. Molnár László, Szabó M. Gy.). II. díj: Kecskeméthy Viktória (tv. Kiss Cs.), Tószegi Balázs (tv. Regály Zs., Dencs Z.), Veres Patrik Milán (tv. Gabányi K.). III. díj: Csorbák Bence (tv. Süli Á.), Fockter Zoltán (tv. Ábrahám P.), Matécsa Barbara (tv. Hajdu T.). Haris-Kiss András (tv. Dobos Vera) dolgozata 4. helyezést kapott. Középiskolás kategóriában Kovács Lili (Trefort Gimn.) adott elő.

Az ERASMUS csereprogram keretében 2019-ben Koncz Kristóf mesterszakos hallgató a Tübingeni Egyetemen töltött egy szemesztert, Ignácz Bernadett alapszakos hallgató pedig a granadai Andalúziai Asztrofizikai Intézetben vett részt három hónapos szakmai gyakorlaton.

2019-ben csillagász mesterszakos záróvizsgát tett hallgatók: Anyiszonyan Artúr, Dálya Zsuzsanna, Kovács Gábor, Kovács Tímea, Nagy Balázs, Seli Bálint, Stermeczky Zsófia, Szilágyi Máté.

Kutatás

A 2019. évben tanszékünk munkatársainak 48 bírált tudományos folyóiratcikke, valamint 7 további közleménye jelent meg. A publikációk jegyzéke a tanszék honlapján megtalálható. Az alábbiakban csak ízelítőt adhatunk az eredményekből.

Égi mechanika és bolygórendszerek

Folytattuk az óriásbolygók kialakulásának vizsgálatát a protoplanetáris korongok nyomási maximumaiban. Jelen kutatásunkban önkonzisztens módon modelleztük a por transzportját és növekedését, a planetezimálok kialakulását, a kialakult bolygómag akkrécióját, és végül a befogott gázburok kollapszusát. Numerikus szimulációink eredményeképpen azt kaptuk, hogy az óriásbolygó igen hamar kialakul egy protoplanetáris korong nyomási maximumában, bőven a korong fotoevaporációja előtt. Kimutattuk, hogy a közelmúltban javasolt hibrid akkréció modellje a korongok nyomási maximumaiban is alkalmazható. (Sándor Zs.)

Az égitestek kialakulásához vezető út számos ütközésen keresztül vezet. Folytattuk az ütközéseket jellemző mennyiségek statisztikájának vizsgálatát. Kimutattuk, hogy az ütközési paraméter egyenletes eloszlást mutat, az ütközési sebességnek létezik alsó korlátja, ami jól közelíthető a két égitest szökési sebességével. Korábbi SPH szimulációk eredményeit felhasználva megmutattuk, hogy az égitestek egymáshoz viszonyított méretének növekedésével egyre több ütközés vezet nettó tömegnövekedéshez. (Süli Á.)

Folytattuk a már megkezdett kutatásainkat a centrális konfigurációkat megvalósító négytest-probléma témakörében. Vizsgálataink témája a tengelyszimmetrikus centrális négytest-probléma azon speciális esete volt, amikor a rendszerben három egyenlő tömeg szerepel. A probléma feltételeinek analitikus megfogalmazását követően a megoldás nagyrészt numerikusan zajlott, analitikus meggondolásokkal kiegészítve az eredmények sajátosságait illetően. A konfigurációkat alkotó tömegpontok koordinátáinak és tömegének megadásával a probléma teljes megoldását adtuk. Bemutattuk továbbá, hogyan kapcsolódnak a megoldások az általános tengelyszimmetrikus esethez a koordinátatérben, illetve az eredmények fizikai vonatkozásaival is foglalkoztunk. Megoldásunk a tengelyszimmetrikus centrális négytest-probléma összes három egyenlő tömegű megoldását tartalmazza. (Kővári E., Érdi B.)

A középmozgás-rezonanciák kimutatására kutatócsoportunkban nemrég kifejlesztett FAIR-módszer (Forgács-Dajka és társai, 2018) segítségével azonosítottuk a különböző középmozgás-rezonanciákba befogódott Hungária-kisbolygókat. A vizsgálat során az összes ismert Hungária-kisbolygó mozgását egymillió évre numerikusan integráltuk. A középmozgás-rezonanciák helyzetéből következtetve megállapítottuk, hogy a kisbolygók rezonáns szerkezete valószínűleg a Jarkovszkij-effektus során alakult ki. További érdekességként kaptuk, hogy a

halványabb kisbolygók közelebb keringenek a Naphoz, ez ugyanakkora albedót feltételezve azt jelenti, hogy a kisebb méretű égitestek a Nap felé sodródnak. A rezonanciákba befogódott kisbolygók nagy excentricitásai lassú kaotikus diffúzió létére utalnak. (Forgácsné Dajka E., Sándor Zs., Sztakovics J.)

Sztelláris asztrofizika

A hierarchikus hármas csillagrendszerek keresése és vizsgálata fontos ahhoz, hogy megértsük a csillagok keletkezését és fejlődését, hiszen a csillagok jelentős része kettős vagy többes rendszer tagja. Az ilyen rendszerek többségénél a tág pályához tartozó keringési periódus általában több száz vagy több ezer nap. Most kollégáink Hajdu Tamás vezetésével az OGLE égboltfelmérés adatait vizsgálva 8 egy évnél rövidebb periódusú hármas rendszert fedeztek fel, amelyek közül kettőnek 100 napnál rövidebb a külső periódusa. Ilyen nagyon szoros (egy évnél rövidebb külső keringési periódusú) hármas rendszert csak néhány tucatot ismerünk. Ezzel szemben hosszabb keringési idejűekből több ezret fedeztek már fel (Hajdu T., Sztakovics J., Borkovits T., Forgácsné Dajka E.).

Az OGLE égboltfelmérés alapján majdnem félmillió kettőscsillagról vannak elérhető fénygörbéink, amelyek segítségével átfogó statisztikát tudunk készíteni például a kettős rendszerek excentricitásáról. A felmérés során azonban elsősorban olyan égterületeket figyeltek meg, ahol a csillagok zsúfoltan helyezkednek el, így sok csillag jele összemosódott. A tanszéken elkezdtük ezeknek a rendszereknek az összegyűjtését és a háttérbeli változók azonosítását. Bár a kutatás csak most kezdődött, máris 25 új δ Scuti típusú pulzáló változócsillagot és több mint 100 új fedési kettőst azonosítottunk. A vizsgálat során 4 eddig fel nem fedezett jelöltet találtunk négyes rendszerre, amelyek mindegyikében két fedési kettőscsillag kering egymás körül (Hajdu T., Ádám R.).

Szoláris és asztrofizikai magnetohidrodinamika

A napfelszínen zajló nagy léptékű mágneses fluxustranszport leírására alkalmazott SFT-kóddal megvizsgáltuk az összefüggést a napfelszínen felbukkanó bipoláris mágneses terület eredeti és végső (a napciklus végére kialakuló) dipólmomentum-járuléka között. Megerősítettük, hogy ez az arány a

bipólus naprajzi szélességétől egy Gauss-profilú függést mutat. Megmutattuk, hogy a Gauss-függvény paraméterei realisztikus meridionális áramlási profilok esetén a profil alakjától függetlenek, és csak az SFT-modell egyetlen paraméterkombinációjától függnek. A függés alakjára numerikusan kapott eredményt az alacsony szélességek határesetében analitikusan is levezettük. (Petrovay K.)

Bevezettünk egy új mennyiséget az aktív vidékek dinamóeffektivitásának jellemzésére, az ún. ARDoR-t (Active Region Degree of Rogueness). Ez a dipóllal leírt aktív vidék dipólmomentum-járulékának eltérése az adott aktív vidék méretének és szélességének megfelelő statisztikai átlagtól. A 2×2D dinamó futáseredményeinek elemzésével megmutattuk, hogy egy napciklus végére kialakuló dipóltér nagyságának elfogadható reprodukálásához elegendő a néhány legnagyobb ARDoR-ral jellemezhető aktív vidék dipóljárulékát pontosan figyelembe venni, a többi a statisztikai átlagokkal helyettesíthető. Mivel a ciklus végi dipóltér a következő ciklus amplitúdóját jelzi előre, ez az eredmény fontos a napciklusok előrejelzése szempontjából. (Nagy M., Petrovay K.)

A témafelelős elkészítette a napciklusok előrejelzését tárgyaló nagy lélegzetű áttekintő munkájának aktualizált változatát a Living Reviews in Solar Physics folyóiratba. (Petrovay K.)

Sikerrel folytattuk a szoláris MHD-hullámok kutatását. A szpikulák eredetéről szóló cikkünket a Science folyóirat közölte. Bevezettünk egy új űridőjárás-előrejelzési módszert, és vizsgáltuk a naplégkörben mutatkozó jeteket is. (Erdélyi R., Korsós M.)

A gyulai Magyar Napfizikai Alapítvánnyal és nemzetközi partnerekkel együttműködésben részt vettünk a Solar Activity Magnetic Monitor (SAMM) műszer prototípusának kifejlesztésében. A műszer a korszerű magneto-optikai szűrő (MOF) technológiára épül. A tervek szerint a prototípus nyomán egész hálózat létesülne majd. (Erdélyi R.)

Csillagközi anyag és csillagkeletkezés a Tejútrendszerben és extragalaxisokban

Folytattuk mérési sorozatunkat a nemzetközi TOP-SCOPE, illetve Galactic Cold Cores együttműködések tagjaiként az ALMA, az Effelsberg-100m, a JCMT SCUBA2, a Nobeyama-45m és a NOEMA csúcsműszerekkel, az effelsbergi ammóniafelmérést a tervezéstől az elemzésig magyar kutatókkal.

A Monoceros OB1 asszociációhoz kapcsolható csillagkeletkezési területen felhőszálak ütközésére utaló sűrűség- és sebességeloszlást találtunk. Az ütközések sűrű csillagközi felhőmagokban csillagok keletkezését indukálták.

Extragalaxisok tucatjai csillagközi anyagának és csillagkeletkezési folyamatának leírását végeztük el saját és irodalmi mérések, illetve a CIGALE sugárzásenergetikai modell felhasználásával francia és japán kollégáinkkal együttműködésben. Részben japán kollégáink által a Subaru óriásteleszkóppal felfedezett magas csillagközipor-tartalmú, úgynevezett porfedett (dust obscured) galaxisokat, részben gammafelvillanások (GRB-k) gazdagalaxisait tanulmányoztuk. A GRB 080207 jelű gammafelvillanás egy z=2 vöröseltolódású galaxisban történt. Ennek hideg csillagközi anyag tartalmát a CO molekula (J=1-0, 2-1, 3-2 és 4-3) forgási átmeneteit megfigyelve vizsgáltuk. Ez az első GRB-gazdagalaxis, amelyre a szén-monoxid több mint két forgási eredetű spektrumvonalát detektálták (ebből kettőt nemzetközi kutatócsoportunk). A Karl Jansky VLA és az ALMA interferométer-rendszerekkel végzett méréseink, valamint irodalmi adatok birtokában a molekuláris gáz össztömegét 87 milliárd naptömegre becsültük. Számításaink és modellek alapján ez hasonló a 10 milliárd évvel ezelőtti Univerzum más nagyobb tömegű, csillagkeletkezésben aktív galaxisaihoz. (Tóth L.V., Bőgner R., Perger K., Suleiman N.; hallgatók: Haris-Kiss A., Kecskeméthy V., Kovács T., Tóth B.)

Aktív galaxisok

Új irányként bekapcsolódtunk a New York-i American Museum of Natural History asztrofizikai részlegében zajló, a fekete lyukak összeolvadásához vezető folyamatok vizsgálatába. Hasonlóan a protoplanetáris korongokhoz, az aktív galaxismagok körüli akkréciós korongokban is kialakulnak olyan helyek (pl. az opacitás hirtelen megváltozásánál), ahol a korongnak a beágyazott objektumra ható forgatónyomatéka eltűnik. Az ilyen helyeken a korongban a szupernagy tömegű fekete lyuk felé migráló csillagtömegű fekete lyukak pályavándorlása is megáll, így kettős feketelyuk-rendszerek jönnek létre. Ezek további pályafejlődése a fekete lyukak összeolvadásához vezet, amelynek során a LIGO műszer által észlelhető gravitációs hullámok keltődnek. A numerikus vizsgálatok során a kutatócsoport az eredetileg a bolygók pályavándorlásának tanulmányozására Sándor Zsolt által kifejlesztett n-test integrátort használja. (Sándor Zs.).

Tudományos közélet

Tóth L. Viktornak az utánpótlásképzésben végzett munkáját az OTDT és az Innovációs és Technológiai Minisztérium Mestertanár Aranyéremmel jutalmazta.

A berni Nemzetközi Űrtudományi Intézet (ISSI) pályázatán Petrovay Kristóf elnyerte egy kutatócsoport vezetését. A nemzetközi csoport 2019 őszétől három éven át dolgozik együtt a szoláris aktív vidékek dinamóeffektivitásának vizsgálatán.[1]

Az MTA Csillagászati és Űrfizikai Bizottsága Erdélyi Róbertet jelölte magyar képviselőnek az Európai Csillagászati Társaságba (EAS). Tóth L. Viktort felkérték szakértőnek az Űrkutatási Tudományos Tanácsba. A részvételünkkel zajló PRE-EST együttműködés tanácsülésein Korsós Marianna, ill. Petrovay Kristóf képviselték az ELTE-t.

A Nemzetközi Csillagászati Unió megalapításának 100. évfordulója alkalmából májusban a Magyar Tudományos Akadémián „100 év – közös égbolt alatt" címmel rendezett ülésszakon Petrovay Kristóf és Tóth L. Viktor tartottak előadást. Petrovay emellett előadást tartott és ülésszakot vezetett a júliusban Kanadában megrendezett Space Climate 7 konferencián. Bőgner Rebeka Besançonban járt hosszabb tanulmányúton.

Október 14–18. között szervező házigazdái voltunk az „Interaction of Stars with their Environment 2019" nemzetközi konferenciának, az ELTE, az ERC, az MTA és az Osztrák–Magyar Akció Alapítvány támogatásával. A szervezőbizottságban Tóth L. Viktor képviselte tanszékünket.

1 https://www.issibern.ch/teams/solactregars/

SZATMÁRY KÁROLY – HEGEDÜS TIBOR

Az SZTE szegedi és bajai csillagászati tevékenysége 2019-ben

A Szegedi Tudományegyetem Fizikai Intézete csillagász és gravitációelméleti csoportjának munkatársai: dr. Szatmáry Károly egyetemi tanár, dr. Gergely Árpád László egyetemi tanár, dr. Vinkó József tudományos főmunkatárs (részállásban), dr. Székely Péter egyetemi docens, dr. Keresztes Zoltán egyetemi docens, dr. Szalai Tamás tudományos munkatárs, dr. Nagy Andrea tudományos munkatárs. Továbbá dr. Barna Barnabás (2019. októberig) és dr. Kun Emma tudományos segédmunkatársak (2019. augusztusig), ifj. Jäger Zoltán, Bókon András, Czavalinga Donát, Gergely Cecília, Papp Sándor, Racskó Bence, Zsíros Szanna PhD-ösztöndíjasok. Barna Barnabás és Bódi Attila megvédte PhD-értekezését. Szatmáry Károly Köztársasági Érdemrend Tisztikeresztet kapott.

Az egyetem Bajai Obszervatóriuma személyzete: dr. Hegedüs Tibor tudományos főmunkatárs, igazgató, dr. Bíró Imre Barna tudományos főmunkatárs, dr. Borkovits Tamás tudományos főmunkatárs, Mitnyan Tibor predoktor (NKFIH alkalmazásban), Jäger Zoltán tudományos munkatárs, Csányi István tudományos segédmunkatárs (GINOP alkalmazásban), Ruzsics Krisztina könyvtáros/igazgatási asszisztens, Markó Mihály karbantartó.

Tudományos eredmények

Kettőscsillagok

Az érintkező kettőscsillagok kromoszferikus aktivitásának vizsgálata céljából Mitnyan T. folytatta spektroszkópiai észlelési kampányát a piszkéstetői 1 méteres, illetve a bolgár Rozhen Obszervatóriumban található 2 méteres távcsövekkel. Ennek keretében végül összesen 12 fényes érintkező kettősről gyűlt össze részletes vizsgálatokhoz használható, megfelelő fázislefedettségű adat. A színképek segítségével lehetővé vált a kettőscsillagok egyes komponenseihez tartozó látóirányú (radiális) sebességek kimérése, majd az így előálló radiálissebesség-görbék körpályával való modellezése. E modellekből

meghatároztuk az egyes objektumok tömegarányát és tömegközéppontjuk látóirányú sebességét, amelyek jól egyeznek a szakirodalomban korábban publikált értékekkel.

Elvégeztük a további összes (csaknem 400) mért színkép elméleti modellekkel való összevetését, amelynek segítségével 10 objektum kromoszferikus aktivitását először mutattuk ki, illetve a szakirodalomban először közöltük a vizsgált objektumok hidrogén Balmer-alfa vonalában mérhető kromoszferikus aktivitásának rövid távú, fázisfüggő változásait. E változásokat három különböző csoportba tudtuk sorolni: folyamatosan változó, egy vagy két csúcsot mutató, illetve konstans aktivitás. Az előbbiek magyarázatára egy vagy két aktív (csillagfolttal vagy foltcsoporttal borított) terület jelenlétét feltételeztük az adott objektumok valamely komponensén.

Egy korábbi munkánk (Mitnyan T. és tsai 2018, A&A, 612, A91) eredményével kiegészítve egy 13 objektumból álló (a szakirodalomban található eddigi legnagyobb elemszámú) mintán egy kezdetleges korrelációs vizsgálatot végeztünk az érintkező kettőscsillagok átlagos kromoszferikus aktivitási szintje és különböző fizikai paraméterei között. Ez alapján az érintkező kettőscsillagok kromoszferikus aktivitásának erőssége egyértelműen kapcsolatban áll a keringési periódusukkal, a B-V színindexükkel (azaz az effektív hőmérsékletükkel) és az inverz Rossby-számukkal, illetve valószínűsíthetően a rendszerben található komponensek közötti hőmérséklet-különbséggel is. Nem találtunk azonban ilyen jellegű összefüggést a rendszer tömegarányával, kitöltési faktorával és pályahajlásával kapcsolatosan. Mintánkban az A- és W-típusú érintkező kettősök ugyanazokat a trendeket mutatják. Ezenkívül az elemzett rendszerek között van négy olyan, amely egymáshoz nagyon hasonló, de a minta többi tagjától meglehetősen eltérő (hosszú keringési periódus, magas effektív hőmérséklet, alacsony inverz Rossby-szám). Ezek nem követik a többi objektum által kijelölt trendeket, és a várhatónál jóval magasabb aktivitási szintet mutatnak, így feltételeztük, hogy ezek esetében valamilyen más fizikai folyamat (pl. anyagáramlás) játszhat szerepet a hidrogén Balmer-alfa vonalában megfigyelt nagyobb mértékű emissziós többlet létrehozásában.

Az itt ismertetett eredményeket az Astronomy & Astrophysics folyóiratba küldtük be, illetve Mitnyan T. angol nyelvű előadások keretében több nemzetközi konferencián is bemutatta: *„Joint Conference of the Sub-Regional European Astronomical Committee and the Bulgarian Astronomical Society”* (Szófia, Bulgária, 2019. június), *„Universe of binaries, binaries in the Universe”* (Telc,

Csehország, 2019. szeptember), *„International meeting on variable stars research – KOLOS 2019”* (Stakcin, Szlovákia, 2019. december).

Szupernóvák

Részletes vizsgálat alá vetettük – Szalai T., Vinkó J. és Nagy A. domináns közreműködésével – a SN 2017eaw II-P típusú szupernóva adatait, amelyek között szerepeltek saját, Piszkéstetőről készített optikai fotometriai méréseink is. A teljes, a rádiótól a röntgentartományig terjedő adathalmazban a NASA Neil Gehrels Swift és Spitzer űrtávcsöveinek publikus méréseit kombináltuk a Global Supernova Project nemzetközi együttműködésben dolgozó partnereink fotometriai és spektroszkópiai adataival. A táguló fotoszféra módszert alkalmazva új becslést adtunk a gazdagalaxis (NGC 6946) távolságára, amelyhez felhasználtuk az ugyanebben a galaxisban robbant SN 2004et archív méréseit is. Az új távolság (6,85±0,63 Mpc) kb. 30%-kal nagyobb, mint a korábban csak a SN 2004et-re alapuló távolságbecslések, viszont jó egyezésben van újabb, más módszerekkel kapott távolságértékekkel. A bolometrikus fénygörbéből és a nebuláris fázisban készült színképekből megállapítottuk, hogy a felrobbanó objektum egy 15-16 naptömegű vörös óriáscsillag volt, amely közvetlenül a robbanás előtt évente kb. 10^{-6} naptömegnyi anyagot veszített csillagszél formájában. Ez jóval kevesebb annál a tömegvesztésnél, mint amekkorát korábbi vizsgálatok alapján a II-P típusú szupernóvák szülőobjektumaira feltételeztek. A Spitzer-űrtávcső adataiból 4,5 μm hullámhosszon többletsugárzást mutattunk ki, amely a SN 2017eaw körüli anyagban zajló porképződésre utal (Szalai T. és tsai 2019, ApJ, 876, 19). Megjelent a Szalai T. vezetésével és Zsíros Sz. közreműködésével készült, nagy léptékű tanulmány, amelyben 119 szupernóva Spitzer-adatainak feldolgozása segítségével sikerült elvégezni az eddigi legátfogóbb vizsgálatot a csillagrobbanások közép-infravörös tartományban tapasztalható viselkedését (ill. ez alapján a robbanás előtt ledobott anyag és a lökéshullámok kölcsönhatását, valamint az esetleges lokális porszemcseképződést) illetően (Szalai T. és tsai 2019, ApJS, 241, 38). Az eredményekről Szalai T. 2019 szeptemberében előadást tartott az ESO garchingi központjában rendezett *„The Extragalactic Explosive Universe: the New Era of Transient Surveys and Data-Driven Discovery”* c. konferencián. Nagyrészt e munkának köszönhetően munkatársaink több nemzetközi űrtávcsöves észlelési program (2019-ben futó

Spitzer-, HST- és Chandra-, ill. beadás előtt álló HST- és JWST-programok) konzorciumába kaptak meghívást.

Az M74 galaxisban frissen felfedezett AT2019krl jelű tranziensről Szalai T. vezetésével sikerült az első földi észlelésnél hónapokkal korábbi detektálásokat találni a Spitzer archív képein (a galaxis tavasszal a Földről nézve túl közel volt a Naphoz, de a Spitzer pozíciójából jól látszott, a távcsővel pedig egy galaxismonitorozó program keretében többször meg is örökítették; ATel #12934).

Szintén 2019-ben jelent meg egy publikációnk a robbanását követően mintegy másfél évtizeddel váratlan és erős kölcsönhatási jeleket produkáló, Ib típusú, SN 2004dk jelű szupernóváról, amelyet a texasi kollégákkal való együttműködésben Hα- és röntgentartományban vizsgáltunk, Vinkó J. és Szalai T. közreműködésével (Pooley és mktsai 2019, ApJ, 883, 120).

Nagy A. a *National Astronomical Observatory of Japan* ösztöndíjával 3 hónapot tölthetett Tokióban a szupernóva-kutatások egyik vezető fiatal szakértője, Takashi Moriya vendégeként, akivel tovább folytatta és bővítette a kollapszár szupernóva-robbanások fénygörbéinek, valamint a robbanást megelőző folyamatok csillagevolúciós kóddal történő modellezéseit.

A különleges termonukleáris, elsősorban az ún. Iax típusú csillagrobbanások vizsgálatát 2019-ben is folytattuk Barna B. vezetésével (aki 2019 októberétől a Cseh Tudományos Akadémia prágai Csillagászati Intézetének munkatársa) és Szalai T. közreműködésével, nemzetközi együttműködések keretében. Barna B. a korábbi hónapokban végzett színképi modellezések eredményeiről a júniusi *Supernova Remnants: An Odyssey in Space after Stellar Death* (Chania, Görögország) előadás és poszter, a fentebb említett garchingi konferencián poszter formájában számolt be. Több, a szupernóvás közösség élénk érdeklődését kiváltó Iax-típusú robbanás (SN 2014dt, SN 2019muj) folyamatban lévő vizsgálatában játszunk fontos szerepet; utóbbi objektumról a Barna B. vezette konzorcium a VLT UT1 FORS spektrográfjával is rögzíthetett méréseket.

Tovább folytatódott a 2019 őszén üzembe helyezett piszkéstetői, illetve a 2020 tavaszán üzembe helyezendő bajai 80 cm-es távcsövek mérési eredményeinek párhuzamosított, nagy sebességű adatfeldolgozását lehetővé tevő szoftverkörnyezet kialakítása és részben tesztelése (Vinkó J., Székely P.).

Gravitációelméleti kutatások

Nagyon hosszú bázisvonalú interferometriai és ún. „single-dish" rádióméréseket elemezve megmutattuk, hogy a TXS 0506+056 jelű rádióhangos aktív galaxismag központi régiója rohamosan fényesedett az IC170922-A jelű neutrínókibocsátása közben (E. Kun, P. L. Biermann, L. Á. Gergely, 2019, MNRAS Lett., 483, 42). Eredményeink szerint a Föld felé mutató rádiójet kulcsfontosságú a többcsatornás észlelések közös fizikai képbe helyezéséhez.

Egy kétkomponensű, barionos anyagot és sötét anyagként lassan forgó Bose–Einstein-kondenzátumot tartalmazó galaxismodellt teszteltünk 12 törpegalaxis forgásgörbéin (E. Kun, Z. Keresztes, L. Á. Gergely, 2020, A&A, 633, 75). Megállapítottuk a galaxisok forgássebességének maximumát, amely még kompatibilis a lassan forgó közelítéssel, illetve vizsgáltuk az erre az esetre jellemző egyik paraméter univerzális jellegét.

A sötét anyagot és sötét energiát a gravitáció módosulásaként tekintő skalár-tenzor elméletek egy olyan általános osztályában, amelyben a dinamika instabilitásoktól mentes, valamint a kozmológiai és gravitációshullám-mérésekkel is kompatibilis, fényszerű lökéshullámok mentén vizsgáltuk a téridő tulajdonságait (B. Racskó, L. Á. Gergely, 2019, Symmetry, 11(5), 616). Levezettük a téridő-görbületet jellemző geometriai mennyiségeket a lökéshullám energiasűrűségével és izotrop nyomásával kapcsolatba hozó általánosított Lánczos-egyenletet és a skalármező illesztési feltételét.

A skalár-tenzor gravitációelméletek keretén belül általános formalizmust dolgoztunk ki a gravitációs dinamika vizsgálatára olyan esetekre, ahol az időfejlődés mellett még egy térdimenzió is kitüntetett a szimmetriák jelenléte miatt (C. Gergely, Z. Keresztes, L. Á. Gergely, 2019, Phys. Rev. D, 99, 104071). Alkalmazásként felírtuk az általános relativitáselméleti hamiltoni dinamikát ilyen esetekre, valamint a gömbszimmetrikus, statikus skalár-tenzor fekete lyukak perturbációinak tárgyalásában fontos mértékrögzítést vezettünk be, lehetővé téve a stabilitásvizsgálat elvégzését.

Továbbra is részt vettünk a gravitációs hullámokat megfigyelő LIGO Tudományos Kollaboráció munkájában, ezen belül a kompakt kettős rendszerek összeolvadásából keletkező hullámok keresésében, illetve az einsteini gravitációelméleten túlmutató szignatúrák vizsgálatában.

Felkérésre Gergely Á. L. a Barcelonában (Spanyolország) szervezett *„Quantum gravity phenomenology in the multi-messenger approach"* c. konferencián és

a debreceni Atomkiban megtartott 2019-es Fizikusnapokon a gravitációs hullámokról; Tuzlában (Bosznia) a *„Cosmology and Astrophysics Network for Theoretical Advances and Training Actions"* konferencián és a Magyar Tudományos Akadémia *„Modern Theories of Gravitation"* rendezvényén a skalár-tenzor gravitációelméletek stabilitásvizsgálatáról és teszteléséről; Athénban (Görögország) az *„Athens 2019: Gravitational Waves, Black Holes and Fundamental Physics"* konferencián pedig a feketelyuk-perturbációkról adott elő. Az albenai (Bulgária) *„Second Hermann Minkowski Meeting on the Foundations of Spacetime Physics"* konferencián Keresztes Z. a forgó fekete lyukak körül mozgó spines részecskékről beszélt. Kutatásaikról Gergely Á. L., Keresztes Z. és Racskó B. előadásokat tartottak a kolozsvári (Románia) *„Recent Developments in Astronomy, Astrophysics, Space and Planetary Sciences"* konferencián is. A soproni Magyar Fizikus Vándorgyűlésen Gergely Á. L. meghívott előadást tartott a módosított gravitációelméletekről és tesztelésükről, valamint a fényszerű felületek mentén történő illesztésekről posztert mutattunk be (Racskó B., Gergely Á. L.). A Portsmouth-ban (Egyesült Királyság) szervezett rangos *„30th Texas Symposium on Relativistic Astrophysics"* konferencián Gergely C. a skalár-tenzor elméletek fekete lyukainak perturbációiról adott elő. Utóbbi konferencián csoportunk két posztert is bemutatott a nagyenergiás neutrínók és a rádióhangos aktív galaxismagok kapcsolatáról (Kun E., P. L. Biermann, Gergely Á. L.), illetve a fényszerű lökéshullámok menti téridő-illesztésekről (Racskó B., Gergely Á. L.).

Bajai kutatások

Az áttekintett időszakban a szegedi és bajai kutatások céljait szolgáló távcsöves észlelések az 50 cm-es RC távcsővel történtek, mivel a BART-1 robottávcső felújítása még nem fejeződött be. Az RC távcsővel összesen 102 éjszakán 60 fedési változó (köztük 22 Kepler-objektum) 119 fedését, plusz 10 éjszakán az IU Aur teljes fénygörbéjét észleltük (Csányi).

Az NKFIH-KH-130372 kutatási program keretében folytattuk a *Kepler*, illetve *TESS* űrtávcsövek által felfedezett különleges, kompakt hierarchikus többes csillagrendszerek vizsgálatát. Az EPIC 212096658 (HIP 41431) fedési kettőscsillagról kimutattuk, hogy valójában egy nagyon szoros, 2+1+1 hierarchiájú, vörös törpék alkotta négyes csillagrendszerhez tartozik. Elkészítettük a rendszer komplex spektro-fotodinamikai modelljét, amelyhez a *K2*-fény-

görbékből számított fedésiminimum-időpontok, valamint a másfél évtizedet felölelő radiálissebesség-görbék mellett a bajai 50 cm-es távcsővel végzett friss észleléseket is felhasználtuk (Borkovits és tsai, 2019, MNRAS, 487, 4631 – bajai résztvevők: Borkovits, Csányi). Ugyanezen kutatási projekt folytatásaként azonosítottunk két korábban ismeretlen, szoros hierarchikus hármascsillagot a *TESS*-űrtávcső által egy éven át folyamatosan megfigyelt déli ekliptikai pólus körüli égterületen, és elvégeztük ezen rendszerek komplex analízisét. Ehhez a vizsgálathoz spektro-fotodinamikai programcsomagunkat továbbfejlesztettük oly módon, hogy immáron a csillagok kumulatív spektrális energiaeloszlását is képes modellezni, valamint az elméleti PARSEC (Padova and Trieste Stellar Evolution Code) izokrónok használatával a vizsgált csillagok evolúciós állapotát, korát és fémességét, valamint ezek kombinálásával a rendszer távolságát is meg tudjuk határozni. A továbbfejlesztett modellt, illetve ennek alkalmazásával a TIC 167692429 és a TIC 220397947 hármas rendszerek átfogó vizsgálati eredményeit a *„Universe of binaries, binaries in the Universe"* (Telc, Csehország, 2019. szeptember) konferencián ismertettük, majd szakfolyóiratban is publikáltuk (Borkovits és tsai, 2020, MNRAS, 493, 5005 – Borkovits, Mitnyan).

Kutatóink továbbá számos hazai, illetve külföldi intézményekben dolgozó csillagásszal együttműködve egyéb kutatásokban is részt vettek. Így pl. az ELTE TTK Csillagászati Tanszékének több kutatójával együttműködve az OGLE-IV égboltfelmérő program keretében a galaktikus centrum környékén megfigyelt csaknem félmillió fedési kettőscsillag minimumidőpontjait vizsgálva mintegy ezer hármascsillag-jelöltet találtunk, meghatároztuk a harmadik komponensek valószínű pályaparamétereit, illetve statisztikai vizsgálatokat is végeztünk (Hajdu és tsai, 2019, MNRAS, 485, 2562 – Borkovits). Részt vettünk egy, a *Kepler*-űrtávcső által 4 éven át megfigyelt, alig 9 óra periódusú kataklizmikus változócsillag, a KIC 5608384 (Yu és mktsai, 2019, MNRAS 489, 1023 – Borkovits), illetve egy szintén a *Kepler*-űrtávcső által felfedezett pulzáló változócsillag, a KIC 5709664 (Derekas és mktsai, 2019, MNRAS, 486, 2129 – Borkovits) vizsgálatában is.

A fedési kettősökben található nemradiálisan pulzáló változók kutatása során a fedések okozta fényességváltozásból határozzuk meg az egyes pulzációs módusokat, amelyhez *Kepler*-szintű pontos méréseket használunk fel (Bíró, Bókon). A 2019-ben elnyert Új Nemzeti Kiválósági Program ösztöndíj keretében sikeresen alkalmaztuk a Markov-láncos Monte Carlo (MCMC) módszert, amellyel meghatározhattuk az egyes gömbharmonikus mintázatokat az egyes

frekvenciákon. Az említett módszer alkalmazásán kívül folytattuk az eddig vizsgált KIC 3858884 rendszerének módusazonosítását. Az eredményeket több nemzetközi konferencián is ismertettük.

A nyílthalmazokban található szoros kettőscsillagok eloszlásának tanulmányozása céljából több közeli halmaz szín-fényesség diagramját készítettük el a *Gaia*-űrtávcső adatai felhasználásával (Czavalinga). A fel nem bontott kettősök a nyílthalmazok szín-fényesség diagramján a fősorozat felett látszanak, ami felhasználható a kettősök azonosítására és további mérésekkel tömegük, ill. tömegarányuk meghatározására. Későbbi célunk a *TESS* űrtávcső méréseinek felhasználásával megerősíteni ezen kettősök létezését – a téma PhD-kutatás keretében zajlik (témavezető: Hegedüs).

A szegedi kutatásokhoz kapcsolódóan numerikus módszereket alkalmazunk a szupernóva-modellezéshez: MCMC módszert alkalmazó programot írtunk (ifj. Jäger), amellyel meghatározható a legjobban illeszkedő modell a kimért szupernóva-fénygörbére. Ezzel határoztuk meg egy kis fényességű szupernóva (PSN J17292918+7542390) tömegét, sugarát, energiáját és a keletkezett nikkel tömegét. Eredményeinket a MNRAS-ban publikáltuk, és több nemzetközi konferencián is ismertettük. További munkánk e téren szintén a MCMC-módszert alkalmazó saját programunk fejlesztése, amely a szupernóvaspektrumokra keresi a legjobban illeszkedő modellt, ezzel nagy mennyiségben határozható meg a spektrumok típusa (ifj. Jäger, témavezető: Bíró).

Interdiszciplináris kutatások és fejlesztések

E témaköreink mind a „közeli világűr" tartományban megfigyelhető jelenségek vizsgálatát célozzák, későbbi nagy projektek előkészítéseként. Folyamatosan üzemeltettük a zivatarszezon folyamán a CSFK Geofizikai Intézetével (témavezető: Bór József) együttműködésben a vörös lidérceket (red sprites) észlelő kamerát. A Baján felállított optikai észlelőrendszerrel 2019 nyarán 142 elektromos eredetű felsőlégköri fényjelenséget sikerült észlelni Közép- és Dél-Európa fölött. A megfigyelések előfeldolgozásából kapott eredményeket (időpont, típus, becsült megjelenési hely) az előző évekhez hasonlóan rendszeresen regisztráltuk az EuroSprite adatbázisban, valamint feltöltöttük az ASIM (Atmosphere-Space Interactions Monitor, https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/i/iss-asim) adatközpontba (https://asdc.space.dtu.dk) is. Az

ASIM a légkör különböző tartományai közötti elektrodinamikai csatolási folyamatok rendszerének feltérképezését és megértését segíti. A világűrbeli észleléseket kiegészítő földi megfigyelések részét képezik a bajai obszervatóriumban folyó észlelések is. Egyelőre nem sikerült egyidejű felszíni és űrbeli észlelést regisztrálni, azonban a megfigyelési kampánynak még nincs vége.

A 25–40 km közötti magasságtartomány in situ vizsgálatát célzó ballonos repülések is folytatódtak: 2019-ben két indítás történt (aug. 30.: DAMBALL-3, szept. 13.: DAMBALL-4), mindkettő az „SZTE kutatóiskolája pályázat fizikából a 2018/2019-es tanévre" program keretében. A projekt címe: „Porsűrűség-mérési kísérletek a sztratoszférában". A bevont diákok: Porkoláb Ákos, Csontos Tamás, Eszterbauer Márk, szekszárdi Garay János Gimnázium, vezetőjük dr. Ságodi Ibolya. Új fejlesztésű fedélzeti kommunikációs eszközeinket, valamint az intézetünkben felszerelt APRS node állomást is ezen repülések során teszteltük. Az eredményekről a diákok az SZTE TTIK Bolyai Intézetében konferencia-előadáson számoltak be. A témakör kutatása az Újvidéki Egyetem fizikusaival és ipari résztvevők bevonásával (pl. Stratolab Kft.) folytatódik.

Meteorjelenségek vizsgálata: hullást eredményező, speciális vizsgálatra alkalmas tűzgömb jelenség 2019 folyamán nem volt. Ezért az év során a hullást modellező programunk tökéletesítését és korábbi, jól dokumentált szórásmezők elemzését folytattuk. A korábbi években sokáig sikeresen működött meteorészlelő videokamera-rendszer mindhárom egysége tönkrement. Ezért 2019-ben felújítási és továbbfejlesztési programba kezdtünk az idegen tulajdonú kamerák tulajdonosaival (VCSE és Igaz Antal) együtt. Ennek keretében, szintén egy diák kutatási pályázat támogatásával („Útravaló" Ösztöndíjprogram, „Út a tudományhoz" alprogram, 2018/2019-es tanév) elkészítettünk és működésbe hoztunk egy új kamerát Szekszárdon. A témában az MCSE és VCSE egyesületek, valamint az OMSZ szakembereivel működünk együtt.

Az időszak kiemelt fontosságú interdiszciplináris témája a dr. Kolláth Zoltán (ELTE Savaria Egyetemi Központ) vezette fényszennyezési EFOP projekthez („Nemzetközi kutatási környezet kialakítása a fényszennyezés vizsgálatának területén") kapcsolódva az általunk kifejlesztett ATKA autonom all-sky kamera rendszerek különböző helyszíneken történő telepítése és működtetése. Egy kameraegység 2019-től állandó jelleggel intézetünk tetején működik, így saját észlelőhelyünk jellemzőit is folyamatosan monitorozzuk. Az adatok az ország teljes fényszennyezés-felmérésének részét fogják képezni. A témában Hegedüs 2019-ben két nemzetközi konferencián vett részt, és tartott előadást, ill. élő bemutatót.

Pályázatok, díjak

A kutatásaink végzéséhez kapcsolódó kiadásokat (bérek, szakmai utak, eszközbeszerzések) különféle pályázatok segítségével tudjuk fedezni: GINOP 2.3.2-15-2016-00033 („Tranziens asztrofizikai objektumok", témavezető: Vinkó J., 2017–2020, 687 M Ft), KH130372 („Különleges fedési változócsillagok keresése és vizsgálata a TESS űrtávcső mérési adatsorai alapján", témavezető: Borkovits T., 2018–2020, 19 M Ft), K123996 („Gravitációs hullámok és forrásaik az általánosított gravitációelméletek erős tér tartományaiban", témavezető: Gergely Á. L., 2017–2021, 30 M Ft).

A 2019/20-as tanévre több PhD-hallgatónk (Gergely C., Racskó B.) és munkatársunk (Keresztes Z. – posztdoktori kategória) is elnyerte az Új Nemzeti Kiválósági Program támogatását. Racskó B. a „Tudomány Támogatásáért a Délalföldön" alapítvány és a Szegedi Akadémiai Bizottság közös ifjúsági pályázatának első díjában részesült. Zsíros Sz. a 2019/20-as tanévre elnyerte a Nemzeti Tehetség Program ösztöndíját. A XXXIV. Országos Tudományos Diákköri Konferencia Elméleti asztrofizika és asztrodinamika tagozatán Gergely C. első helyezést, a Galaktikus és extragalaktikus csillagászat tagozaton Zsíros Sz. második helyezést ért el.

Oktatás, ismeretterjesztés

A 3 éves fizika alapszakon (BSc) belül a csillagász specializáción tanítunk csillagászatot. A 2 éves csillagász mesterszak (MSc) mellett a fizikus mesterszakon belül a csillagászat és az asztrofizika modulban is számos tantárgyat oktatunk. A fizikatanároknak a „Csillagászati megfigyelések, a „Fizika a társtudományokban" és a „Modern fizika 1." kurzusokon is tanítunk csillagászatot. A bajai kutatók az SZTE csillagászképzésében égi mechanika, kettőscsillagok és műszertechnika tárgyak oktatásával, nyári gyakorlatok és szakdolgozatok témavezetésével vesznek részt, valamint az ELTE Csillagászati Tanszékén és a PTE Fizikai Intézetében is tartanak szabadon választható MSc/PhD-kurzust a hierarchikus többes csillagrendszerek témakörében, illetve SZTE-s és ELTE-s PhD-hallgatók témavezetését is ellátják. Gergely Á. L. Modern kozmológiai elméletek címmel az Interpress Magazinban ismeretterjesztő cikksorozatot indított.

2019-ben 5 fővel indult a csillagász mesterszak. 5 BSc szakdolgozat és 3 MSc diplomamunka született csillagászati és gravitációelméleti témakörökben. Gergely Cecília és Zsíros Szanna felvételt nyertek a Fizika Doktori Iskolába.

A bajai és szegedi csillagászok (az MCSE-vel és az ELTE GAO-val közösen) immár 11. alkalommal együtt rendeztek középiskolások számára országos csillagászati diákvetélkedőt, amely 2011 óta egyben a Nemzetközi Csillagászati és Asztrofizikai Diákolimpia (IOAA) magyar csapatának válogatója is. Baján 2019 tavaszán a középiskolai tanév ideje alatt kéthetenként regionális olimpiai szakkör zajlott, amelyre helybelieken kívül más településekről is jártak diákok, továbbá hagyományosan tavasszal és ősszel 1-1 teljes hétvégén vendégül láttuk az aktuális évi magyar diákválogatott keretet, intenzív felkészítő képzés céljából. Szegeden a Fizika Diákolimpiai Szakkör keretén belül évente 1-2 csillagászati témájú foglalkozást tartunk. A 2019. évi IOAA magyarországi megrendezésének koordinálását a Szegedi Tudományegyetem, csillagászati munkaközösségünk kapta. Ennek keretében a szegedi és bajai kollektíva valamennyi hazai, a csillagászat terén működő intézmény és szakmai csoport, valamint néhány civil szervezet bevonásával – külföldi vélemények szerint is – rendkívül sikeresen rendezte meg és bonyolította le a nemzetközi diákolimpiát (beszámoló: Szalai Tamás: Fiatal asztrofizikusok a Balaton partján, Fizikai Szemle 2020, 2. szám 65-70. o. http://fizikaiszemle.hu/szemle/78, továbbá lásd Dálya Gergely és Kalup Csilla cikkét évkönyvünk 263. oldalán).

A Szegedi Csillagvizsgáló honlapján (http://astro.u-szeged.hu), a Bajai Obszervatórium honlapján (http://www.bajaobs.hu), illetve a közösségi médiában (https://www.facebook.com/csillagvizsgaloszeged, https://www.facebook.com/CsillagvizsgaloBaja) bemutatóhelyeink programjai és hírei elérhetők.

A nyitva tartásaink során Szegeden 2019-ben kb. 2500, Baján 650 látogatónk volt. A helyi, az országos, ill. nemzetközi koordinálású rendezvényeken (SZTE fizika napja, a csillagászat napja, múzeumok éjszakája, kutatók éjszakája) szokásos bemutatásaink látogatottságait messze meghaladó számban hallgathattak csillagászati előadásokat az érdeklődők, és nézhettek az égre távcsöveinkkel, ill. nézhettek planetáriumi műsorokat Baján és Szegeden is. A 2019-es csillagászat napja programot immár második éve sokszínű programokkal és 300 főt is meghaladó látogatottsággal bonyolítottuk le a szegedi Szent-Györgyi Albert Agórával együttműködésben, míg a kutatók éjszakája során az SZTE Füvészkert esti programjának egyik állomásaként működtünk közre távcsöveinkkel. Szintén aznap este tartottuk meg a Szegedi Csillagvizs-

gálóban az I. Szegedi Távcsöves Találkozót, amelyen környékbeli amatőr csillagászok mellett több tucat „laikus" érdeklődő is részt vett. A 2019. november 11-i Merkúr-átvonulást a Dóm térre kihelyezett műszereink segítségével (illetve az első fél órát követő felhősödés során „online" módon) közvetítettük a mintegy 100 fős érdeklődő közönség számára. Baján a Szentháromság tér szélén állt ki váltásban 4 kollégánk, de itt is csak az első fél órát tudtuk bemutatni 20-25 főnek.

Baján (ill. a csillagvizsgáló közelében található Natura 2000 védettségű területen) tervezett jövőbeli csillagpark egyre népszerűbb programja immáron évi kétszeri alkalommal az „illancsi éjszakai séta" (alkalmanként 110-120 fő érdeklődővel). Ezeken intézetünk szakemberei távcsöves és éjjellátós-hőkamerás bemutatókkal járulnak hozzá a program sikeréhez. A célterületen Interreg pályázati támogatásból egy csillagászati-környezetfizikai észlelőállomás építése kezdődött meg 2019-ben, amelynek csillagászati szakmai irányítását az intézet kutatói adják.

Munkatársaink népszerűsítő előadásokat tartottak – többek között – az MTA Csillagászati és Űrfizikai Bizottságának májusi előadóülésén, az MCSE Változócsillag Szakosztály szentendrei országos találkozóján, a PAB Csillagászati Albizottsága, valamint a MAB Szegedi Bizottságának rendezvényén, a Magyar Tudomány Ünnepe szegedi és bajai programsorozatán, a szegedi Mentorháló és az American Corner rendezvénysorozatok keretében, valamint az ELFT Országos Fizikatanári Ankéton és a Fizikus Vándorgyűlésen.

A szerzők köszönetüket fejezik ki az alábbi kollégáknak a beszámoló szövegéhez való hozzájárulásukért: Bíró Imre Barna, Borkovits Tamás, Bókon András, Bór József, Czavalinga Donát, Csányi István, Gergely Árpád László, ifj. Jäger Zoltán, Kun Emma, Mitnyan Tibor, Ságodi Ibolya, Szalai Tamás, Székely Péter, Vinkó József.

SZABÓ M. GYULA

Az ELTE Gothard Asztrofizikai Obszervatórium és Multidiszciplináris Kutatóközpont 2019. évi működése

Az ELTE Gothard Asztrofizikai Obszervatóriumban (GAO) 2019-ben folytattuk a megfigyelési asztrofizikai kutatásokat. Munkánkhoz célzott és égboltfelméréses, földi és űrtávcsöves megfigyeléseket egyaránt fölhasználtunk. Csak a feldolgozott adatok mennyiségét tekintve is kijelenthetjük, hogy 2019 az obszervatórium történetének adatközlésben legerősebb éve volt. Húsz angol nyelvű tudományos közleményt jelentettünk meg szakfolyóiratokban. Az obszervatórium munkájára 2019-ben több mint 2600 hivatkozás érkezett a szakfolyóiratokban. Magyar nyelvű tudományos és ismeretterjesztő munkáink száma 2019-ben is meghaladta a százat; híreinket rendszeresen átvették az országos hírportálok, az MTVA és az MTI.

A csillagászat oktatását minden szinten támogattuk. Részt veszünk az ELTE Fizika Doktori Iskola képzéseiben, szenior kutatóink az ELTE doktori iskola törzstagjai. Szombathelyi, budapesti (ELTE) és szegedi (SZTE) egyetemistákat fogadtunk rendszeresen észlelési-adatfeldolgozási projektmunkák, szakdolgozatok, szakmai gyakorlatok témavezetésével. A városi csillagászati vetélkedőre hagyományosan februárban került sor, az iskolás korosztály csillagászati érdeklődését és aktivitását célzott szakköri foglalkozásokkal, egyedi projektmunkák vezetésével is támogattuk.

2019 során is heti rendszerességgel fogadtunk csoportokat (többek között: iskolai csoportok 25 alkalommal, Aktív időskor rendezvényei 12 alkalommal) és egyéni látogatókat. Minden első holdnegyedhez legközelebb eső pénteken nyilvános észlelést tartottunk az esti időszakban, a Hold, a bolygók, kettőscsillagok és ködök bemutatásával. Magyarországon 17 tudományos-ismeretterjesztő előadást tartottunk, ide értve két kiállítás megnyitóját is. Előadásainkon mintegy 3000 fő vett részt.

Tudományos eredmények

A Mészáros Szabolcs vezette kutatócsoport végezte a Tejútrendszerünk szélén található csillaghalmazok kémiai összetételének eddigi legkiterjedtebb fel-

mérését, amelynek során 31 gömbhalmaz fejlődését vizsgálta azok 2283 csillagának tulajdonságai alapján. A legnagyobb gömbhalmaz, az ω Cen csillagai esetében megállapítottuk, hogy a Mg-Al ciklus rendkívül magas, 80-90 millió K hőmérsékleten történhetett, amelynek során a termonukleáris fúzió szilíciumot is termel alumínium helyett. A magas hőmérsékletű Mg-Al „égés" oka jelenleg nem ismert (Mészáros, Szigeti).

A vörös óriáságon végbemenő felkeveredés mechanizmusát a legjobban a [C/N] arány mérésével lehet tanulmányozni. 26 097 csillag [C/N] arányát vizsgáltuk az SDSS-IV/APOGEE-2 adatainak felhasználásával. Az APOGEE adataiban 20 485 csillag 15 elemgyakoriságát vizsgáltuk meg, a Galaxis feltérképezésének céljából. A [Fe/Mg] elemgyakoriság tejútrendszerbeli eloszlásában két különböző populációt azonosítottunk (Mészáros).

Az APOGEE-2 és a Gaia adatainak kombinálásával 166 újabb csillagot azonosítottunk, amelyek a Tejútrendszer és a Sagittarius törpegalaxis közötti csillagok alkotta hídhoz tartoznak. A híd kémiai összetételében enyhe gradienst fedeztünk fel. Az NGC 6522 gömbhalmaz esetében pedig kimutattuk, hogy nagy tömegű AGB csillagok csillagszele okozta a második generációs csillagok magas nitrogén- és alumíniumtartalmát (Mészáros).

A Kepler-űrtávcső által mért, Blazskó-effektust nem mutató RRab típusú pulzáló csillagok fénygörbéjét vizsgáltuk, és a Blazskó-effektustól független változásokat találtunk (Derekas).

A KIC 5709664 katalógusszámú hibrid δ Scuti/γ Dor típusú pulzáló csillag esetében kimutattuk a csillag kettősségét. A fázismodulációs módszer és a radiálissebesség-mérés eredményeinek kombinálásából meghatároztuk a komponensek fizikai paramétereit (Derekas, Bókon, Kovács, Mészáros, Szabó).

A CSFK Naprendszerkutató csoporttal együttműködve elvégeztük a Kepler-űrtávcső adataiban a Hilda csoport, a Jupiter trójai csoportok, a kentaur és Neptunuszon túli kisbolygók forgási periódusának és fényváltozásának analízisét. Kimutattuk, hogy mindegyik csoportban sokkal nagyobb az extrém lassan forgó (periódus > 50 óra) kisbolygók aránya, mint azt a korábbi földi adatok alapján gondolták (Szabó).

Még 2011-ben kimutattuk, hogy közepes méretű, 3 napnál rövidebb periódusú exobolygók nem léteznek, ellentétben a nagyon forró jupiterekkel és szuperföldekkel. 2019-ben témavezetett hallgatók munkájára épülő tanulmányunkban kimutattuk, hogy a közepes méretű bolygók „sivatagának" kialakulásában a lassú evaporáció játssza a vezető szerepet (Szabó, Kálmán).

Konferenciák, együttműködések

Szabó M. Gyula a CHEOPS és az ARIEL űrtávcsövek előkészítése céljából márciusban Berlinben és Palermóban vett részt a küldetések workshopjain, mindkét helyen előadást tartott. Áprilisban részt vettünk a Grazban megrendezett PLATO 2.0 héten (Derekas, Szabó). Májusban Dobos Vera képviselte az MTA–ELTE Exobolygókutató Csoportot Prágában az EAI konferencián. Június végén a mexikói Ensenadában megrendezett SDSS2019 konferencián a GAO-t Derekas Aliz és Szigeti László képviselték előadással. Júniusban Lyonban az European Weak of Astronomy konferencián előadóként vett részt Szabó M. Gyula. Júliusban részt vettünk a TASC5/KASC12 workshopon, az MIT-n, ahol a KIC 5709664 csillaggal kapcsolatos eredményeinket mutattuk be, majd utána részt vettünk az első TESS Science konferencián, Bostonban; októberben pedig az RRL/Cep 2019 – Frontiers of Classical Pulsators: Theory and Observations konferencián, az Új-Mexikói Cloudcroftban (Derekas). A PLATO 2.0 exobolygó-fotometriai tudományos csoportjainak szeptemberben Warwickban megrendezett találkozóján Szabó M. Gyula meghívott előadóként vett részt. Szeptemberben Genfben Boldog Ádám képviselte az MTA–ELTE Exobolygókutató Csoportot az Európai Bolygótudományi Konferencián (EPSC) konferencián. Októberben Cambridge (Anglia) adott otthont a CHEOPS 2019-es őszi workshopjának (Szabó M. Gyula). Októberben Houtenben az ARIEL őszi workshopján Szabó M. Gyula meghívott előadóként vett részt.

A Budapesten novemberben megrendezett, a World Science Forumhoz csatlakozó nemzetközi részvételű workshopon aktívan részt vettünk (Derekas, Kovács, Szigeti – plenáris előadás, Szabó – meghívott előadás).

Közművelődés és ismeretterjesztés

Részt veszünk az Európai Déli Obszervatóriumot bemutató információk, valamint az általuk készített sajtóközlemények magyarra fordításában (Kovács, Derekas). A csillagaszat.hu hírportál működésében rendszeres szerzői (Derekas) és szerzői-szerkesztői (Kovács) feladatokkal vesszük ki a részünket.

Három alkalommal szerepeltünk a helyi televízió tudományos műsoraiban, illetve az MTVA hírműsoraiban – utóbbi elsősorban az újonnan beszerzett távcső apropóján.

2019. január 31-én nyitották meg a Mai Manó Ház „XIX. század a XXI. században" kiállításának a XIX. századi magyar tudományos fotográfiát bemutató részét, ahol a Gothard Tudomány- és Technikatörténeti Állandó Kiállítás 80 kiállítási tárggyal képviseltette magát.

Legaktívabb előadónk Kovács József. ,,Valódi tudomány a csillagok közt" című előadását 6 alkalommal tartotta meg, kb. 850 néző számára. További előadásai: a Mai Manó Házban „Egy európai jelentőségű magyar polihisztor – Csillagászat és fotó Gothard Jenő munkásságában", „Teljes napfogyatkozás 100 évvel ezelőtt" a Polaris Csillagvizsgálóban, „Egyedül vagyunk-e az univerzumban?" a Savaria Múzeumban, a Magyar Fotótörténeti Társaság rendezvényén „Csillagászat és fotó Gothard Jenő munkásságában" címmel, Tatán a TIT csillagvizsgálóban „Gothard Jenő, az asztrofotográfus" címmel az „Asztrofotográfia – Tudomány és ismeretterjesztés a Monarchiában" konferencián, „Foucault-féle ingakísérletek Szombathelyen, 1880–2017" a Vas Megyei Fizikatanári Fórum keretében.

Szabó M. Gyula a Smidt Múzeumban tartott előadást Kepler életművéről „A világ harmóniája – Johannes Kepler életműve a modern csillagászat tükrében" címmel, illetve a szombathelyi Savaria Moziban számolt be az új távcső megérkezéséről és a holdi becsapódások kutatásáról. A kutatók éjszakája rendezvényen, amelyet a holdfázis miatt október 4-re tettünk át, Szabó M. Gyula és Mészáros Szabolcs tartott előadást az obszervatóriumban végzett kutatásokról. Vincze Ildikó „…keresve az igazságot" címmel adott elő a Gothard-testvérek tudományos tevékenységéről.

2019. október 25-én „Az ELTE muzeális gyűjteményeinek jelene és jövője" című nemzetközi konferencián vettünk részt az ELTE Egyetemi Könyvtár és Levéltár szervezésében. Szabó M. Gyula A Gothard Asztrofizikai Obszervatórium gyűjteményei címmel tartott előadást.

A Magyarországon megrendezett 13. Nemzetközi Csillagászati és Asztrofizikai Diákolimpián Kovács József a feladatokat összeállító és gondozó versenybizottság titkáraként az év első 7 hónapjában a feladatok összeállításával és gondozásával is foglalkozott, valamint augusztus 2–10. között Keszthelyen a szervezésben és lebonyolításban meghatározó szerepet töltött be.

Pályázatok és fejlesztések

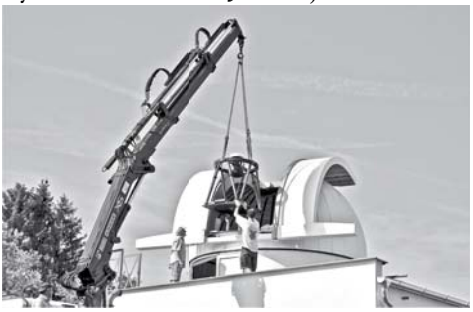
2019-ben folytattuk a ,,Kozmikus Hatások és Kockázatok" GINOP-pályázatunk megvalósítását, amelynek keretében a tárgyévben érkezett meg a 80 cm-

es távcső és műszerei. A 150 M Ft összértékű beszerzéssel Szombathelyre került Magyarország egyik legjelentősebb csillagászati megfigyelőműszere. A főműszer egy Nasmyth-platformokkal kialakított RCC-távcső, amelyet távvezérelt, félautomata üzemmódban is beüzemeltünk. A két optikai platform szinte egyedülálló módon egyszerre két műszer használatát teszi lehetővé átszerelés nélkül, amelyek között a harmadlagos tükörrel lehet váltani. A műszert egy szintén újonnan beszerzett alumíniumvázas, könnyűszerkezetes kupolában helyeztük el, amely automatikusan követi a távcső mozgását, illetve a működéshez kedvezőtlen időjárás esetén automatikusan be is zár.

Nyáron megérkeztek a műszerhez illeszkedő kamerák, szűrőváltók és szűrők is. A Photometrics Prime 95B kamera a gyors képalkotás eszköze lesz, 70 kép/s sebességgel képes dolgozni 95% fénygyűjtő idő mellett, az expozícióval párhuzamosan lementve a képeket. A szűrőrendszerben az SDSS *griz*-szűrői üzemelnek. A rendszer kalibrálása, beüzemelése megtörtént, 2020 januárjától rendszeres észleléseket végezhetünk.

Szabó M. Gyula vezetésével 2019. július 1-jén megalakult az ELTE–MTA Exobolygókutató Csoport. Ennek keretében két új posztdoktorral bővült az obszervatórium, Garai Zoltán és Theodor Pribulla a Szlovák Tudományos Akadémia tátrai obszervatóriumából érkeztek Szombathelyre. A csoport működésének segítésére és a gyermekgondozási szabadságát töltő Bunce Júlia feladatainak átvételére februártól Krencsey-Élő Izabella került állományunkba.

2019-ben elnyert további pályázataink: Mészáros Szabolcs 2019-ben elnyerte az MTA Bolyai János kutatási ösztöndíját, Derekas Aliz és Mészáros Szabolcs elnyerte a 2019-es ÚNKP Bolyai+ ösztöndíját. Derekas Aliz Bolyai Posztdoktori Ösztöndíjának második évét is sikeresen zárta. Szabó M. Gyula a bolygórendszerek kutatása terén kifejtett több évtizedes munkássága elismeréseként Szombathely MJV Önkormányzatának Gothard Jenő-díját vehette át.



Az új 80 cm-es távcső optikájának beemelése a kupolába (Kovács József felvétele)

MEGEMLÉKEZÉS

Guman István
1919–2019

Guman István észlelés közben, a Debreceni Napfizikai Obszervatóriumban

2019 legvégén, decemberben búcsúztattuk Guman Istvánt, a legidősebb magyar csillagászt. A sors hosszú életet adott számára, hiszen századik születésnapján még köszönthettük a Svábhegyi Csillagvizsgáló valamikori munkatársát, a Magyar Csillagászati Egyesület tiszteletbeli tagját.

Guman István Erdélyben született, Kolozsvárott, 1919. október 22-én. Gyermekkorát azonban már Medgyesen töltötte, ahol a német nyelvű gimnáziumban Hermann Oberth, a rakétatechnika atyja is tanárai között volt. Oberth keltette fel érdeklődését a csillagászat és a természettudományok iránt. Gimnazista korában tűnt fel a városban egy vándorcsillagász, aki az égbolt érdekességeit mutogatta a járókelőknek, és akitől a diák Guman egy távcsőobjektívet vásárolt, amiből később megépítette a saját teleszkópját.

Csillagászatot Budapesten, a Pázmány Péter Tudományegyetemen hallgatott. Már 1940-től rendszeresen dolgozott a Svábhegyi Csillagvizsgálóban, eleinte gyakornokként, majd munkatársként. 1947-ben doktorál, témája az RR Lyrae változócsillag. Intézeti feladatai között szerepelt az RR Lyr, a VZ Cnc, az AC And és más változók szisztematikus észlelése is. Az ötvenes évek közepén részt vett a Piszkéstetői Obszervatórium helyének kijelölésében, tesztészlelések végzésében. Az évtized végétől a debreceni Napfizikai Obszervatórium munkatársa, ahol – egyebek mellett – napfoltcsoportok ekvidenzitáit készíti el.

Pályája során mindvégig jelentős ismeretterjesztő tevékenységet fejtett ki. A Csillagászat Magyarországi Bibliográfiája szerint első cikke 1940-ben jelent meg a Csillagászati Lapokban. A Csillagászati és meteorológiai lexikon (1943) számos szócikkének szerzője. Szerkeszti a Természet és Társadalom Csillagos ég című rovatát, majd az 50-es években induló szakosztályi tájékoztatót, a Me-

teort. A Csillagászati évkönyv, majd a Meteor csillagászati évkönyv rendszeres szerzője: táblázatokat szerkeszt, előrejelzéseket számol, több mint négy évtizeden át. A rövid életű, de ígéretesen induló Csillagok Világa című folyóiratot is ő szerkeszti 1956-ban.

Mindvégig jó kapcsolatot ápolt az amatőrcsillagászokkal: mind a debreceni műkedvelőkkel, mind pedig az országos mozgalommal.

1979-ben vonult nyugdíjba, de továbbra is tevékeny maradt. Budakeszi otthonából rendszeresen járt fel a Csillagda szemináriumaira, folytatta kutatómunkáját, szerkesztette az évkönyv táblázatait, előrejelzéseit. 2006-ban jelent meg Dogon mitológia és csillagászat című kötete, amely a magyarországi szkeptikus irodalom egyik kiemelkedő alkotása.

2019. október 24-én köszöntöttük fel Guman Istvánt századik születésnapja alkalmából. Nagy örömmel látogattunk el hozzá a jeles évfordulón, hiszen a magyar csillagászat sok-sok évtizedének tanújaként számos olyan részletet, érdekességet tudhattunk meg pályájáról, amelyek már csillagászattörténeti jelentőségűek. Guman István az MCSE 1946-os alakulásakor is tagja volt egyesületünknek, 1989-es újjáalakulásunkkor pedig tiszteletbeli taggá választottuk. Tagsorszáma: 17. Kiss László, a Csillagászati és Földtudományi Kutatóközpont főigazgatója magával hozta Lovász László levelét, amelyben az MTA elnöke gratulált Guman Istvánnak, aki évtizedeken át dolgozott akadémiai kutatóként. Velünk tartott Szabó Róbert, a Csillagászati Intézet igazgatója is, továbbá Bardócz András csillagász, aki egy ideig szintén az intézet munkatársa volt.

2019. november 8-án értesültünk arról, hogy a Nemzetközi Csillagászati Unió kisbolygót nevezett el Guman Istvánról. Az (523954) Guman végleges elnevezést kapott égitestet 1998. október 22-én – Guman 79. születésnapján – fedezte fel Sárneczky Krisztián és Szabó Gyula a Piszkéstetői Obszervatóriumból. A főövben található aszteroida keringési ideje 3,32 év, átmérője mintegy 500 méter.

Guman Istvánnal a huszadik századi magyar csillagászat jelentős alakja távozott közülünk.

Mizser Attila

Szerzőink, közreműködőink

Bagó Balázs, amatőrcsillagász

Balázs Lajos, az MTA doktora, kutató professor emeritus, CSFK KTM Csillagászati Intézet

Benkő József, az MTA doktora, tudományos tanácsadó, CSFK KTM Csillagászati Intézet

Butuza Tamás, amatőrcsillagász, informatikus

Dálya Gergely, PhD-hallgató, ELTE

Görgei Zoltán, amatőrcsillagász, a Meteor rovatvezetője

Hannák Judit, amatőrcsillagász, a Meteor rovatvezetője

Hegedüs Tibor, PhD, igazgató, SZTE Bajai Obszervatóriuma

Kalup Csilla, egyetemi hallgató, ELTE

Kaposvári Zoltán, amatőrcsillagász

Kiss Csaba, az MTA doktora, tudományos tanácsadó, tud. igazgatóhelyettes, CSFK KTM Csillagászati Intézet

Kiss László, az MTA rendes tagja, kutatóprofesszor, főigazgató, Csillagászati és Földtudományi Kutatóközpont

Kovács József, PhD, tudományos főmunkatárs, ELTE Gothard Asztrofizikai Obszervatórium

Kővári Zsolt, az MTA doktora, tudományos tanácsadó, CSFK KTM Csillagászati Intézet

Mizser Attila, amatőrcsillagász, a Magyar Csillagászati Egyesület főtitkára

Molnár Péter, amatőrcsillagász, MCSE-titkár

Petrovay Kristóf, az MTA doktora, tanszékvezető egyetemi tanár, ELTE TTK Csillagászati Tanszék

Sánta Gábor, PhD, amatőrcsillagász, régész, a Meteor rovatvezetője

Szabadi Péter, amatőrcsillagász

Szabados László, az MTA doktora, kutató professor emeritus, CSFK KTM Csillagászati Intézet

Szabó M. Gyula, az MTA doktora, igazgató, ELTE Gothard Asztrofizikai Obszervatórium

Szabó Róbert, az MTA doktora, tudományos tanácsadó, igazgató, CSFK KTM Csillagászati Intézet

Szabó Sándor, amatőrcsillagász, a Meteor rovatvezetője

Szalai Tamás, PhD, tudományos munkatárs, SZTE TTIK Fizikai Intézet, Optikai és Kvantumelektronikai Tanszék

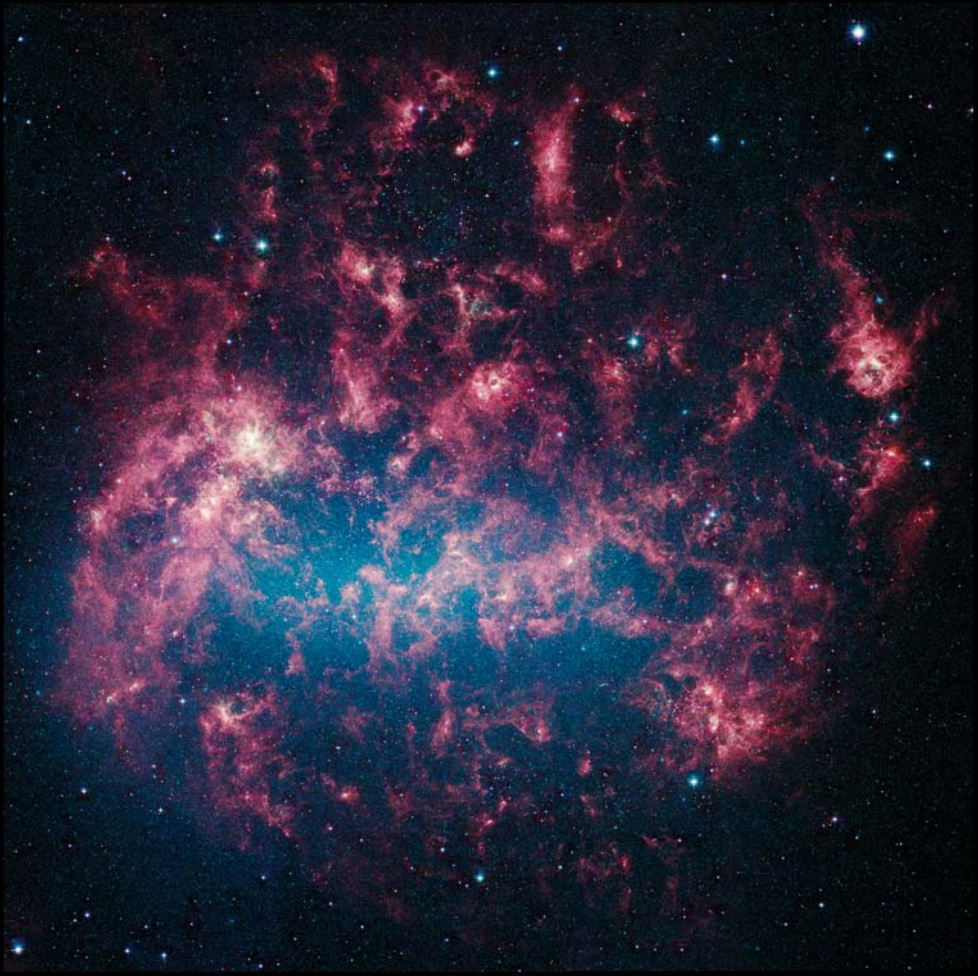
Szatmáry Károly, az MTA doktora, egyetemi tanár, SZTE Kísérleti Fizika Tanszék

Szklenár Tamás, informatikus, CSFK KTM Csillagászati Intézet, a Meteor rovatvezetője

Szöllősi Attila, amatőrcsillagász, az MCSE Kiskun Csoport helyettes vezetője

Zsoldos Endre, PhD, tudományos főmunkatárs, CSFK KTM Csillagászati Intézet

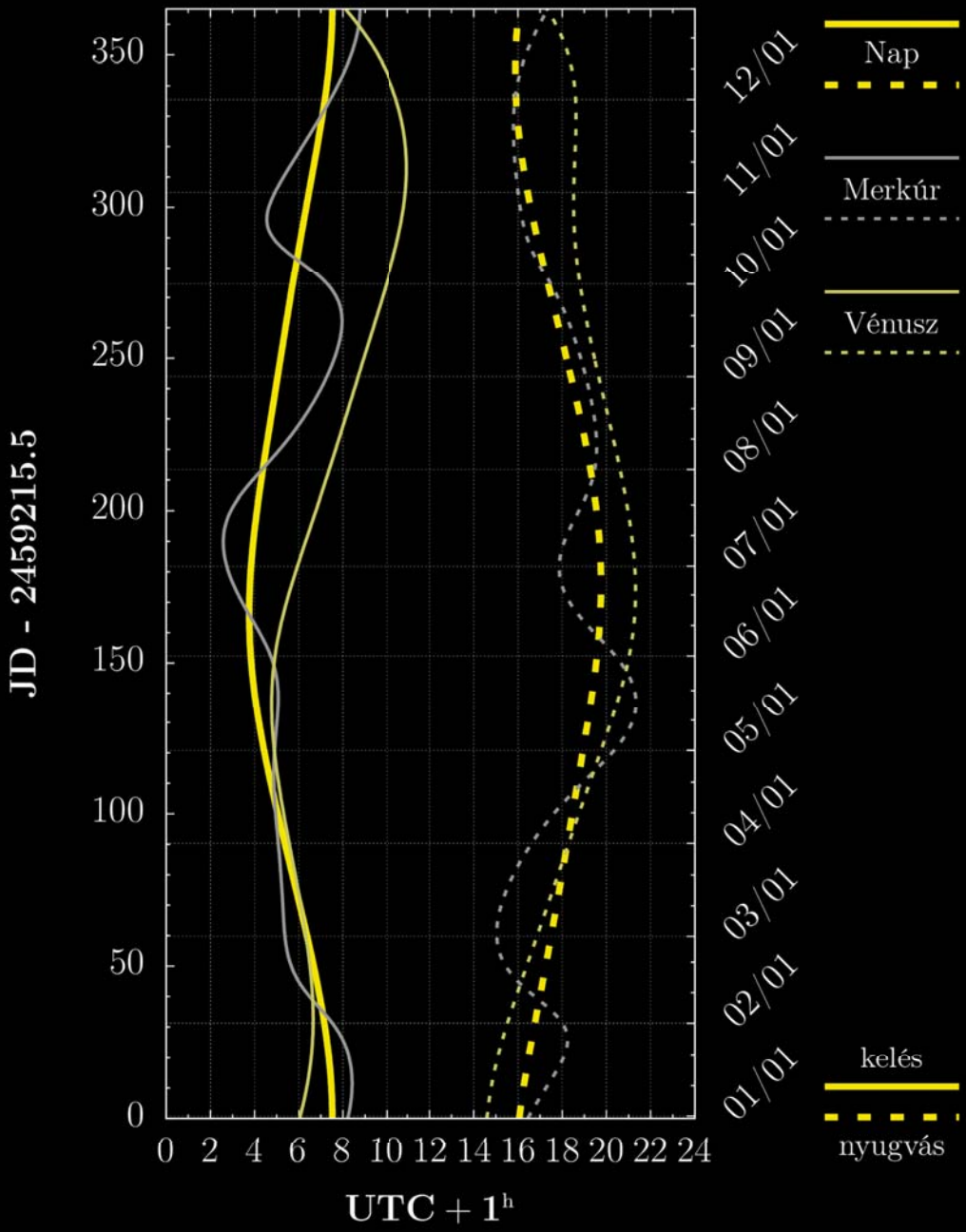
(Szalai Tamás Ég veled, Spitzer! c. cikkéhez
forrás: NASA, JPL-Caltech, M. Meixner [STScI] & SAGE Legacy Team)



A Spitzer-űrtávcső mintegy százezer egyedi felvételéből összeállított mozaikképen Tejútrendszerűnk kísérője, a Nagy Magellán-felhő (Large Magellanic Cloud, LMC) látható. A Spitzer segítségével csaknem egymillió, korábban nem azonosított forrást sikerült találni a megfigyelt területen – ezek többsége az LMC-ben lévő, különböző életkorú, sűrű porral övezett régióban lévő csillag, míg egy részük feltehetően a látóirányba eső, távoli háttérgalaxis. A legrövidebb hullámhosszon (3,6 mikrométer) domináns, kék színnel jelölt – főként a központi küllő irányában látszó – régiókat idősebb csillagok sugárzása tölti be. Az ettől kifelé eső tartományokban többnyire forró, nagy tömegű csillagok találhatók, amelyek vastag por- és gázfelhőkbe ágyazódva helyezkednek el; ahol a csillagok sugárzása felfűti a környező anyagot, ott a zölddel jelzett 4,5 mikrométeres, ahol hidegebb csillagközi gáz és por található, ott pedig a narancs és vörös színekkel jelzett 5,8 és 8,0 mikrométeres sugárzás a legintenzívebb.

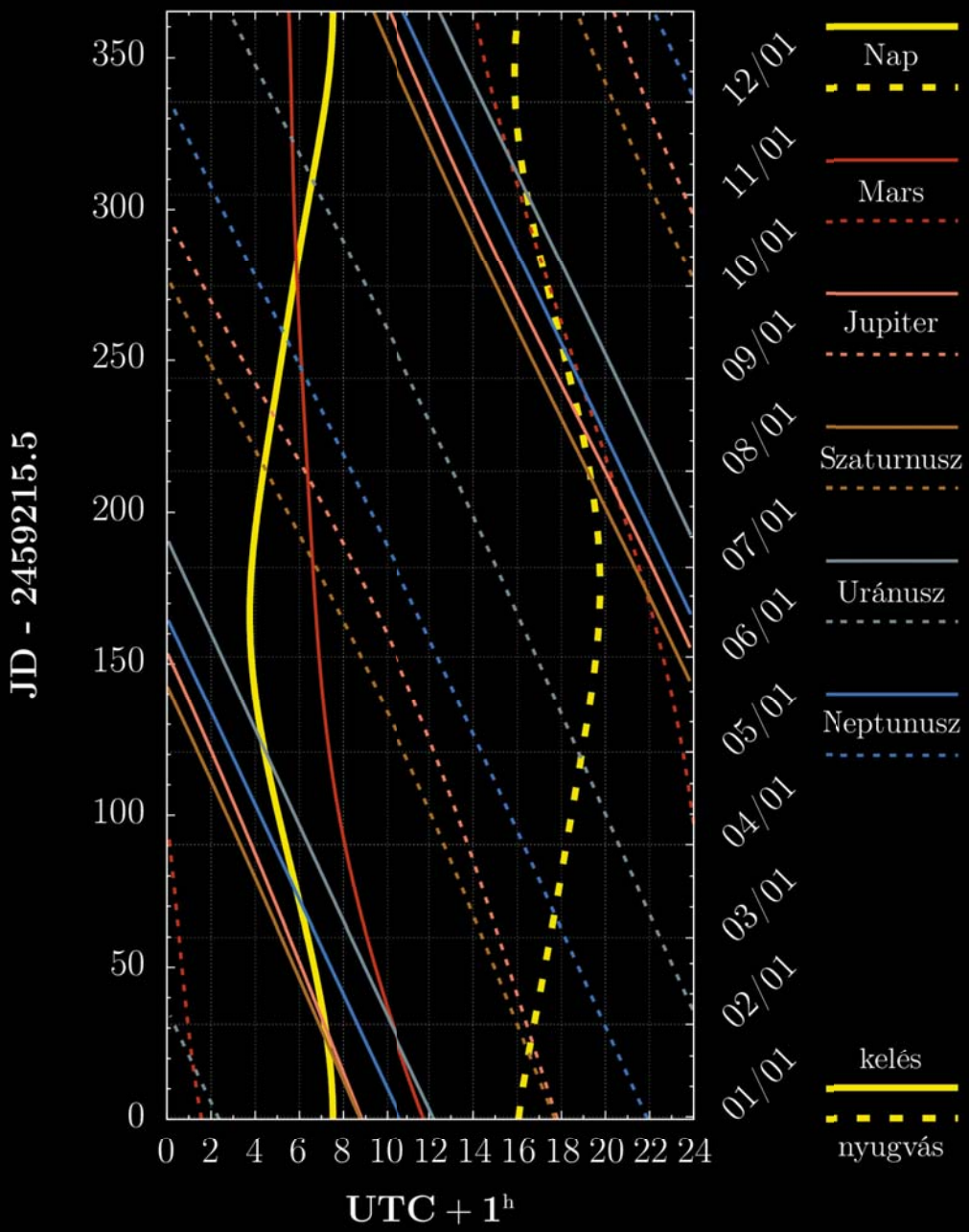
Belső bolygók kelése és nyugvása

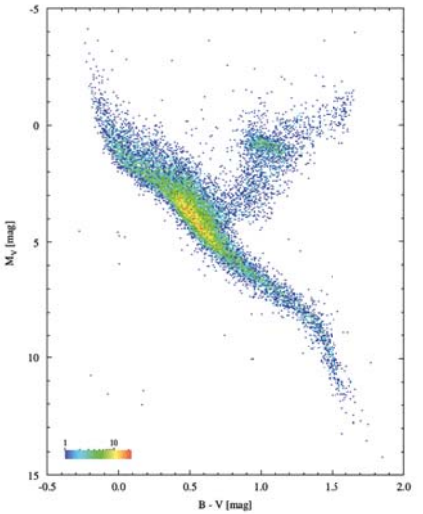
2021



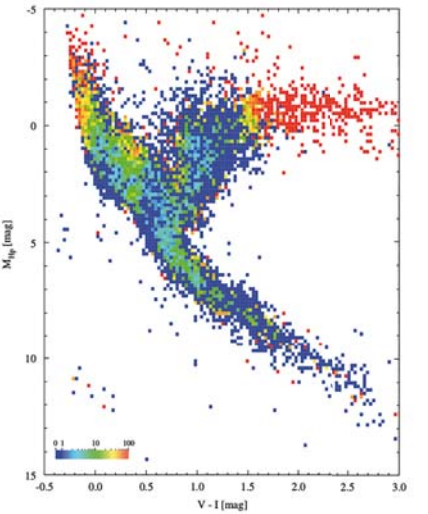
Külső bolygók kelése és nyugvása

2021

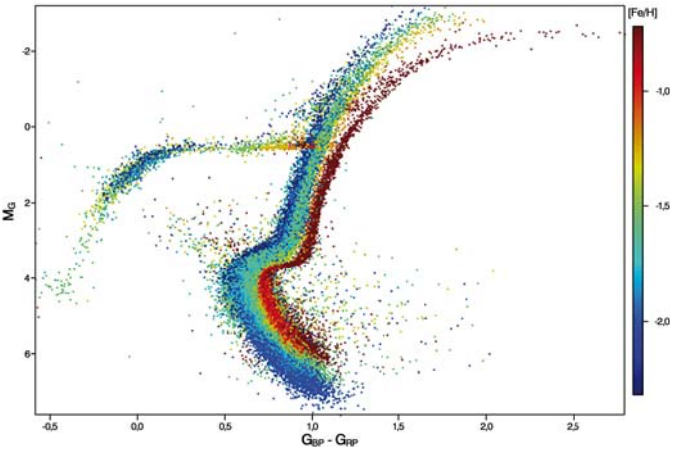




6. ábra: *A Hipparcos méréseiből kapott, 10%-nál pontosabb parallaxisú 16631 csillag szín-fényesség diagramja. A színek a V-ben 0,05 magnitúdó, B-V-ben 0,01 magnitúdó szélességű tartományba eső csillagok számára utalnak. (Forrás: ESO)*



7. ábra: *A változócsillagok gyakorisága a csillagok effektív hőmérséklete (színe) és abszolút fényessége függvényében. A szín-fényesség diagram adott helyén levő csillagok között előforduló változócsillagok százalékos aránya az ábra bal alsó sarkában feltüntetett színkód alapján állapítható meg. Az abszolút fényességet a Hipparcos-katalógusban közölt trigonometrikus parallaxis és az űrtávcső fotometriai rendszerében mért átlagos Hp magnitúdó alapján határozták meg, a csillag színére pedig a V-I színindex utal. (Forrás: ESO)*



18. ábra: *A gömbhalmazok egyesített Hertzsprung–Russell-diagramján szembetűnő a színindex és a luminozitás fémtartalomfüggése. A jobb oldali színskálán felfelé haladva nő a nehéz elemek (a csillagászatban „fémek") gyakorisága (Forrás: Gaia Collaboration, Babusiaux et al., 2018)*

budapesti
távcső
centrum

- A legjobb távcsőmárkák képviselete
- A legnagyobb hazai raktárkészlet

Fotók: © Éder Iván

tavcso.hu

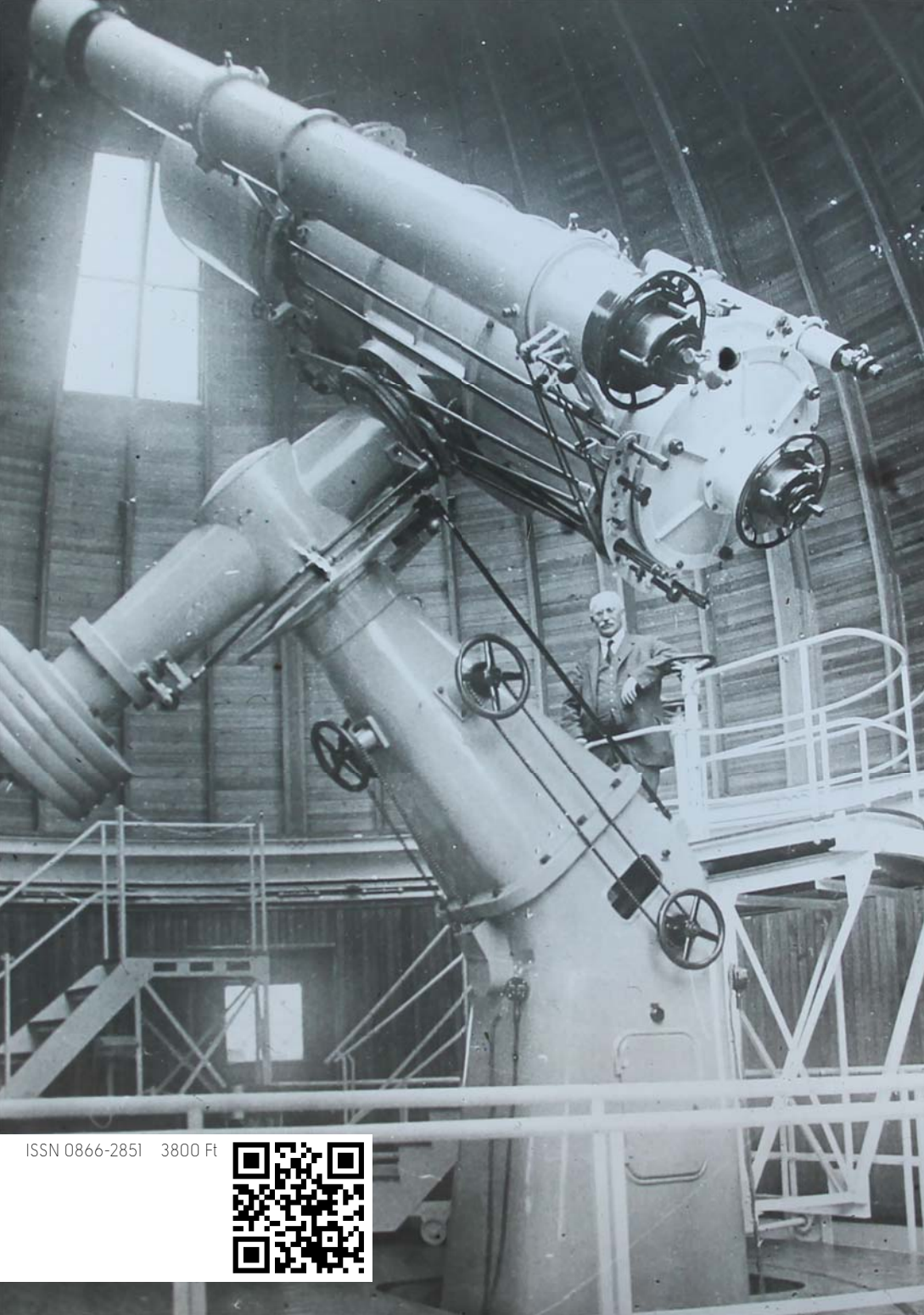
btc@tavcso.hu

(1) 202 5651
(20) 484 9300

Budapest XII. Városmajor u. 21.
Egy percre a Déli pályaudvartól

Nyitvatartás
hétfő - péntek: 9-17 óra
szombat: 9-13 óra

Sky-Watcher Be amazed. acuter CELESTRON DELTA optical LACERTA TeleVue ZEISS
DIPOL BYTREK CORONADO MikroG AstroMedia GSO Guan Sheng Optical Astronomik YUKON



ISSN 0866-2851 3800 Ft