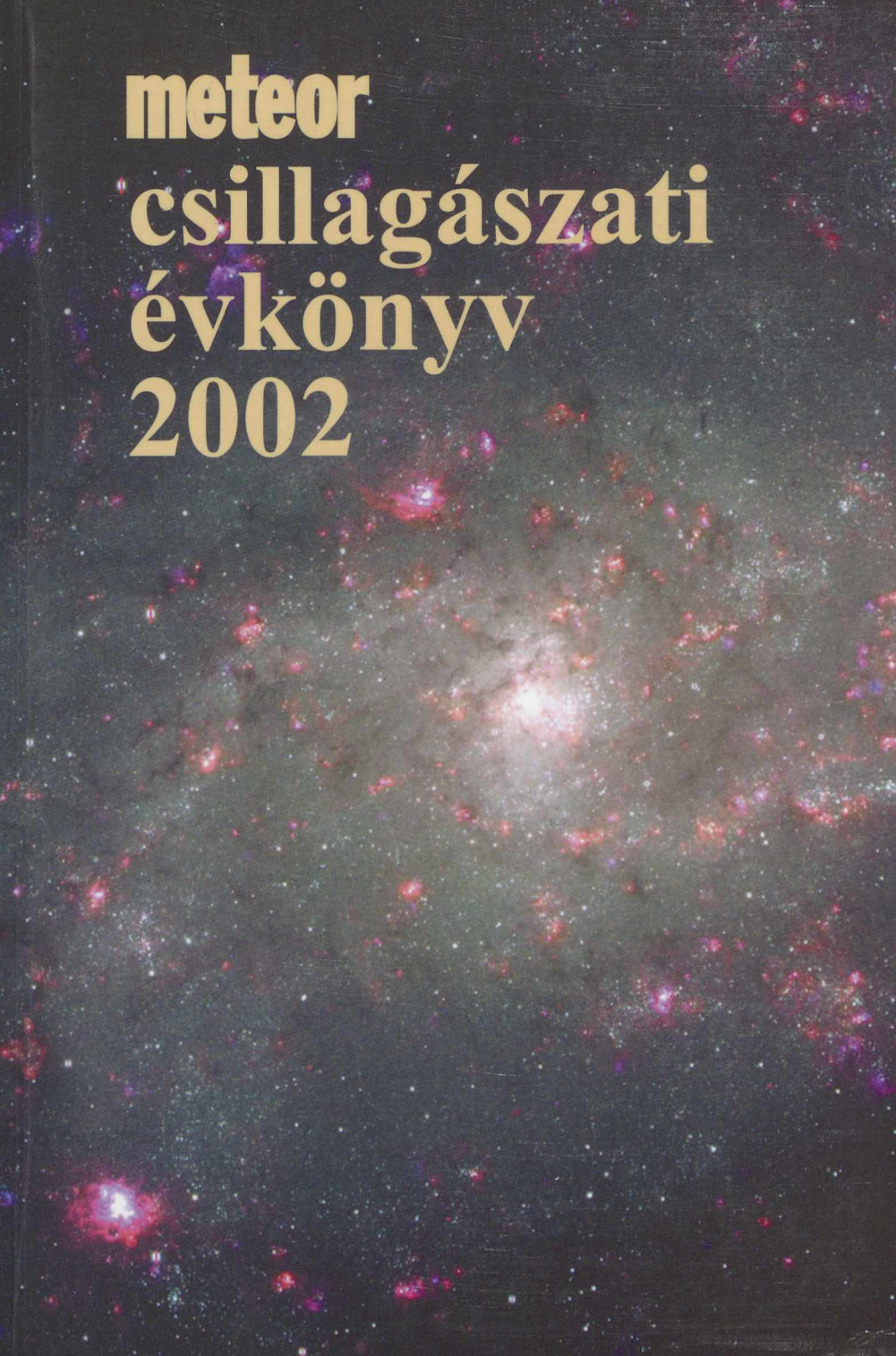
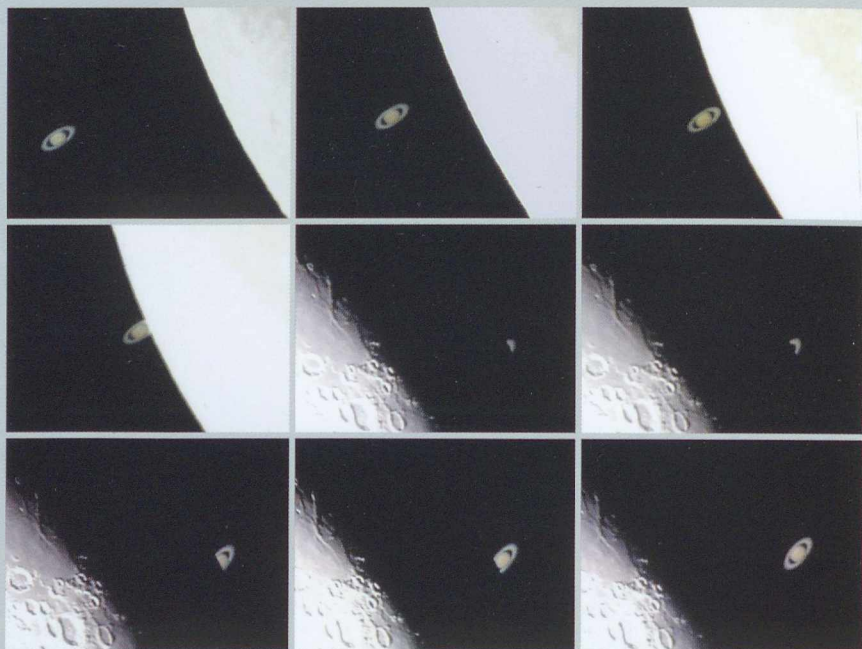


**meteor
csillagászati
évkönyv
2002**





Meteor csillagászati évkönyv 2002

meteor
csillagászati évkönyv
2002

meteor csillagászati évkönyv 2002

szerkesztette:

Mizser Attila
Szabados László
Taracsák Gábor

Magyar Csillagászati Egyesület
Budapest, 2001

Az évkönyv összeállításában közreműködött:

Jean Meeus (Belgium)

Sárneczky Krisztián

Szakmailag ellenőrizte:

Benkő József

Holl András

Kun Mária

Műszaki szerkesztés és illusztrációk:

Taracsák Gábor

A szerkesztés és a kiadás támogatói:

MLog Műszereket Gyártó és Forgalmazó Kft.

MTA Csillagászati Kutatóintézete

Qwerty Computer Kft.

Szokolay Ágnes

ISSN 0866-2851

Felelős kiadó: Mizser Attila

Készült a G-PRINT BT. nyomdájában

Felelős vezető: Wilpert Gábor

Terjedelem: 20.8 ív + 4 oldal melléklet

Példányszám: 4000

2001. november

Tartalom

Bevezető	7
Használati útmutató	8

Táblázatok

Jelek és rövidítések	13
A csillagképek latin és magyar neve	14
Jelenségnaptár	16
A bolygók kelése és nyugvása (ábra)	64
A bolygók adatai	66
A bolygók kitérése a Naptól (ábra)	79
A bolygók ekliptikai koordinátái	80
Julián-dátum táblázat	83
A bolygók elhelyezkedése a Nap körül (ábra)	84
A Nap adatai	86
A Hold adatai	94
Jupiter-holdak	102
Szaturnusz-holdak	112
Kisbolygók	115
Üstökösök	120
2000 üstökösei	123
Meteorrajok	130
Fogyatkozások, fedések	132
A Hold csillagfedései	133
Csillagkatalógus J2002.5-re	137
A Naprendszer újabb holdjai	144
Fekete lyukak galaxismagokban	147
Röntgen- és gammacsillagászati műszerek	148
Marsról származó meteoritok	152

Cikkek

A csillagászat legújabb eredményei	155
Mészáros Attila: Napjaink kozmológiája	203
Szatmár Károly–Kiss László–Mészáros Szabolcs– Vinkó József: Röntgen- és gammacsillagászat	244
Fűrész Gábor: CCD-kamerák a csillagászatban	266

Beszámolók

Magyar Csillagászati Egyesület	291
MTA Csillagászati Kutatóintézete	297
ELTE Csillagászati Tanszék	309
Szegedi Csillagvizsgáló	315
TIT Budapesti Planetárium	322
Szerzőink	325

A címlapon

Az M33 jelű spirálgalaxis a Triangulum (Háromszög) csillagképben. A felvétel a Kitt Peak-i 4 m-es teleszkópra szerelt 8189×8189 képelemes CCD-kamerával készült (Nicole King és munkatársai)

A belső borítón

Fent: a 2001. január 9-i teljes holdfogyatkozás (Szendrői Gábor)

Lent: a 2001. november 3-i Szaturnusz-fedésről készített kiváló sorozatfelvétel. A képek 250/4000-es Cassegrain-távcsővel és Nikon Coolpix 950 digitális fényképezőgéppel készültek (Kiss Gábor, Kubus Gyula és Bagyinszky Tamás)

A hátsó borítón

A kozmikus mikrohullámú háttérsugárzás anizotrópiája (lásd a Napjaink kozmológiája című cikket). A vörös szín magasabb, a kék alacsonyabb hőmérsékletnek felel meg. Fent a Föld pekuliáris mozgásából származó, kb. 0.1% nagyságú dipólusanizotrópia látható. Középen az ennek levonása után megmaradó kb. 0.01%-os eltérések, amelyeken jól látható a Tejútrendszer sávja. Az alsó, a Tejút sugárzására is korrigált kép a háttérsugárzás tényleges hőmérsékleteloszlását mutatja. Az átlagtól mért legnagyobb eltérések kb. $3 \cdot 10^{-5}$ K nagyságúak (NASA, Goddard Space Flight Center)

Bevezető

A 2002-es kötetben három olyan alapvető, átfogó cikket is talál az Olvasó, amelyek a modern csillagászat egy nagyobb kérdéskörét dolgozzák fel. A Világegyetem egészének kutatásáról, a kozmológiáról 30 éve nem jelent meg összefoglaló a Csillagászati évkönyvben. A témát különösen aktuálissá teszi, hogy éppen az utóbbi években indult néhány nagyszabású program, amelyek első eredményei már jelentősen pontosították elképzeléseinket az Univerzum fejlődéséről. Egy másik cikk a CCD-t, napjaink csillagászatának legfontosabb képalkotó eszközét mutatja be. Az égitestek röntgen- és gammasugárzásának vizsgálata pedig a csillagászat egyik legfiatalabb kutatási területe, amely megfigyelőműszerei által szorosan kapcsolódik az űrkutatáshoz is. Erről az izgalmas területről ad áttekintést a harmadik írás.

Ebben a kötetben is közlünk több olyan táblázatot, amelyek valamelyik cikkhez vagy hírhez kapcsolódnak, de minthogy évek múlva is használható információkat tartalmaznak, a szövegből kiemelve, a táblázatos rész végén helyeztük el ezeket. Az alkalmi táblázatok között összefoglalót találhat az Olvasó a Marsról származó meteoritokról, galaxismagokban felfedezett fekete lyukakról és mesterséges égitesteken elhelyezett röntgen- és gammacsillagászati műszerekről.

A Magyar Csillagászati Egyesület honlapján (www.mcse.hu) az egyesületet bemutató rész *Kiadványok* menüjéből lehet eljutni az évkönyv lapjaira. Ezen az egyesület által kiadott kötetek rövid ismertetője, tartalomjegyzéke és kiadási adatai találhatóak. A látogató a még kapható köteteket meg is rendelheti. A megjelent kötetek tematikusan rendezett, összefoglaló tartalomjegyzéke segíti a hírek, cikkek helyének megtalálását, a célzott információkeresést. A honlapon olvasható anyagot folyamatosan fejlesztjük, bővítjük. A már elfogyott évfolyamok cikkeit és beszámolóit fokozatosan hozzáférhetővé tesszük a honlapon, hogy azok az új érdeklődők is elolvashassák, akinek jelenleg már nincsen módjuk a köteteket megvásárolni.

Használati útmutató

Az évkönyv első felében kaptak helyet a naptári alapadatok, havonkénti csoportosításban: a Nap és Hold keltének és nyugtának időpontja, a hónap fontosabb csillagászati eseményei, a bolygók láthatósága, a hónap csillagos égboltja. Ezt követik azok az információk, amelyek csillagászati számításokhoz és az amatőr észlelők munkájához szükségesek: a Nap, a Hold és a bolygók koordinátái és fizikai adatai, valamint a különféle segéd táblázatok. Végül pedig a speciális észlelési területeken használható előrejelzéseket és adatokat találjuk: fogyatkozásokról, fedésekről, kisbolygókról, meteorrajokról, üstökösökről és egyéb témákról. A táblázatok és adatok Magyarország közepes földrajzi koordinátáira vonatkoznak:

földrajzi hosszúság: $\lambda = 19^{\circ}0$

földrajzi szélesség: $\varphi = +47^{\circ}5$

Mint hogy hazánk kiterjedése nem nagy, az évkönyv táblázatai jó közelítéssel használhatók az egész ország területén. A Föld forgásával kapcsolatos időadatoknál a földrajzi hosszúságban mért egy fok különbség 4 időperc eltérést jelent. A kelési, delelési és nyugvási időpontok esetében tehát a 19° hosszúsági körtől keletre fokenként négy percet le kell vonni a táblázat időadataiból, nyugat felé pedig ugyanennyit hozzá kell adni. Pontos észleléseknél természetesen a koordinátakülönbségből adódó eltéréseket megfelelő számításokkal kell figyelembe venni.

Az időpont-adatok többsége világidőben (UT) szerepel, az egyéb számértékek pedig általában a megadott napon 0^h UT-re vonatkoznak. Erre a táblázatok fejlécében elhelyezett UT, ill. 0^h UT jelzés is utal.

A naptár rész minden időpont-adatát, valamint a bolygók kelési, delelési és nyugvási időpontjait közép-európai időben (KÖZEI) adtuk meg. A táblázatok fejlécében a KÖZEI felirat utal erre. A nyári időszámítás (NYISZ) tartama alatt az érintett időpont-adatoknál az óra és a perc közötti csillag (pl. $16^{\circ}33$) és egy lábjegyzet figyelmeztet arra, hogy a KÖZEI-ben megadott értékhez egy órát hozzá kell adni. A nyári időszámítás várhatóan 2002.03.31., vasárnap hajnali 2^h KÖZEI-től (3^h NYISZ) 2002.10.27., vasárnap hajnali 3^h NYISZ-ig (2^h KÖZEI) lesz érvényben.

A helyi csillagidő értékét a naptár rész ϑ_{gr} oszlopából számolhatjuk ki. Ez a szokásos greenwichi csillagidőt tartalmazza 0^h UT-kor, amit 16 perccel meg-növelve kapjuk a 19° -os földrajzi hosszúság helyi csillagidejét 0^h KÖZEI-kor.

Hozzávetőleges tájékozódásra ehhez elegendő hozzáadni az óránk által mutatott időt, és így néhány perc pontossággal meghatározhatjuk a helyi csillagidő pillanatnyi értékét. A nyári időszámítás alatt az így kapott időpontot még egy órával csökkenteni kell. A helyi csillagidő leolvasható a belső bolygók kelését és nyugvását feltüntető ábráról is. Ha nagyobb pontosságra van szükség, a csillagidő értékét a táblázat két szomszédos értéke közötti lineáris interpolációval kapjuk meg. Ehhez még hozzá kell adnunk megfigyelőhelyünk földrajzi hosszúságának megfelelően fokenként 4 perc korrekciót, csak most keletre pozitív, nyugatra negatív előjellel.

A Nap, a Hold és (a Plútó kivételével) a bolygók egyenlítői koordinátái (RA , D) a pillanatnyi epochára, azaz az égi egyenlítő és a tavaszpont pillanatnyi helyére vonatkoznak. Az égi egyenlítő és a tavaszpont azonban a precesszió miatt elmozdul. Ha tehát pl. az említett koordinátákat csillagtérképre akarjuk vinni, ki kell számolni és figyelembe kell venni a térkép epochája (pl. B1950.0 vagy J2000.0) és a koordináta-adat időpontja közötti időkülönbségnek megfelelő precessziós eltérést.

A Plútó, a kisbolygók és az üstökösök egyenlítői koordinátái J2000.0 epochára szerepelnek, így ezeket egy ilyen jelzésű csillagtérképre közvetlenül át lehet vinni.

A bolygók heliocentrikus ekliptikai koordinátái (λ_e , β) is az ekliptika és a tavaszpont pillanatnyi helyét veszik alapul.

Kelési, illetve nyugvási időpontnak a táblázatokban azt a pillanatot tekintjük, amikor az égitest korongjának felső széle — a légköri refrakció elméleti értékének figyelembevételével — érinti a látóhatárt.

A fázis rovatban szereplő adat azt adja meg, hogyan aránylik az égitest korongjának megvilágított területe a teljes korong területéhez.

A pozíciószög (P) az égi északi iránytól K—D—Ny körüljárással, 0 – 360° -ig mért szög (bizonyos táblázatokban azonban az észlelési hagyományokat figyelembe véve $\pm 180^\circ$ -ig mérjük). A fényesebb égitest középpontjához viszonyítjuk a halványabbik elhelyezkedését. Az égi északi irányt az égitesten és az égi pólusokon áthaladó főkör jelöli ki, ami általában nem egyezik meg pontosan sem az égitest északi pólusának, sem a terminátor északi végpontjának irányával!

A **naptár** részben minden hónaphoz két oldal táblázat és két oldal képes csillagászati eseménynaptár tartozik. Ezekben minden időadat KÖZEI-ben szerepel. A bal oldali naptártáblázat első oszlopában található a napnak a hónapon belüli sorszáma, a nap nevének rövidítése és a napnak az év első napjától számított sorszáma. A hetek sorszámát az érvényes magyar szabvány szerint adjuk meg. A Nap időadatai mellett szerepel a delelési magassága, valamint az időegyenlítés értéke is. Az időegyenlítés azt adja meg, hogy az időzónánk közepén ($\lambda = 15^\circ$) mennyit tér el a Nap valódi delelési időpontja

a zónaidő déli 12 órájától. Minthogy az évkönyv táblázatai a $\lambda = 19^\circ$ földrajzi hosszúságra készültek, a delelési időpont oszlopában látható, hogy a valódi Nap itt 16 perccel korábban delel, mint az időzóna közepén. A holdfázis grafikus ábrázolása az adott naptári nap délre kerekített érték alapján készült. Mellette olvasható a négy fő holdfázis pontos időpontja.

A jobb oldali táblázatban a Julán-dátum és a greenwichi csillagidő található. Mindkettőnek a csillagászati számításoknál vehetjük hasznát. Az utolsó oszlopban az adott naptári napon ünnepelt névnapok listáját olvashatjuk. A szokásos naptárakban szereplő neveket álló betűkkel, a ritkábban előforduló neveket dőlt betűkkel szedték. A táblázat alatt az ismertebb ünnepek, időszámítási és kronológiai információk kaptak helyet.

A képes oldalakon találjuk az esti és a hajnali égbolt látványát bemutató ábrákat. Az esti kép az adott hónap közepén 21^h -kor, a hajnali pedig 3^h -kor ábrázolja az égboltot. Ha a bolygókat nem vesszük figyelembe, a képek segítségével megtudhatjuk, milyen a csillagok, csillagképek elhelyezkedése tetszőleges más időpontban. Az égbolt képe a Föld Nap körüli keringése miatt egy hónap alatt kb. két óra napi forgásnak megfelelő mértékben változik meg. Emiatt egy adott hónap közepén 21^h -kor ugyanolyannak látjuk az égboltot, mint a hónap elején 22^h -kor, az előző hónap közepén 23^h -kor, az előző hónap elején 24^h -kor; illetve az adott hónap végén 20^h -kor, a következő hónap közepén 19^h -kor, a következő hónap végén 18^h -kor és így tovább. Hasonló számítás alapján használhatjuk a hajnali képeket is más hónapokban.

Az égboltot ábrázoló képek alatt az este, illetve hajnalban látható égitestek felsorolása található. Az esti égbolt listáját kiegészítettük néhány olyan nevezetes objektummal is, amelyeket észlelési gyakorlatokhoz vagy távcsöves bemutatás céljára ajánlunk. Ez után a hónap legfontosabb csillagászati eseményeinek felsorolása következik.

A jobb oldalon a bolygók láthatóságára vonatkozó információkat találjuk. Az oldalsó ábra pedig azt mutatja be, milyen látványt nyújtanak a bolygók a hónap közepén, csillagászati távcsőben. A gyorsan változó Merkúrról három rajzot találunk, melyek a hónap 5., 15. és 25. napján ábrázolják a bolygót. Az egységes méretarányban készült rajzokról leolvasható a bolygók látszó mérete, tengelyük iránya, egyenlítőjük és terminátoruk helyzete.

A **bolygók kelését és nyugvását** bemutató ábrákról közelítő pontossággal leolvasható a Nap keltének és nyugtának időpontja, a navigációs szürkület időtartama és a 19° keleti hosszúságra vonatkozó helyi csillagidő is. A nyári időszámítás alatt ezeknél az ábráknál is figyelembe kell venni az egy óra korrekciót!

A **bolygók** táblázataiban a kelés, delelés és nyugvás KÖZEI-ben megadott időpontját (a nyári időszámítás idején itt is * jel figyelmeztet az egy óra hoz-

záadására), a pillanatnyi egyenlítői koordinátákat, a Földtől mért távolságot, a látszó fényességet és szögátmérőt, a fázist és a Naptól mért szögtávolságot találjuk. Az erősen lapult óriásbolygóknál a szögátmérő az egyenlítőre vonatkozik. A Szaturnusznál szerepel a gyűrű kistengelyének látszó szögmérete is (a nagytengely mindig a korong átmérőjének 2.26-szorosa). Amikor a gyűrű kistengelyének számértéke negatív, a gyűrű déli oldalára látunk rá. A fizikai adatok mindegyike az adott nap 0^h UT-re érvényes.

A **centrálmeridián** táblázatok adják meg, hogy a bolygó felszíni koordináta-rendszerében melyik hosszúsági kör halad át az adott napon 0^h UT-kor a Földről látott bolygókorong középpontján. A centrálmeridiánnak a megfigyelésünk pillanatában érvényes planetografikus hosszúságát a hosszúságváltozást megadó segéd táblázatokból, interpolációval kaphatjuk meg. A Jupiter nem merev testként forog, ezért esetében az I. rendszer az egyenlítői vidékre, a II. rendszer a mérsékelt éghajlati övnek megfelelő részekre vonatkozik.

Az **Uránusz és Neptunusz keresőtérképe** e bolygók megtalálását segíti az égen. A látszó pálya kezdeténél lévő korong mutatja a bolygó átlagos fényességét. A pálya mentén lévő számok a bolygó helyét jelölik a megfelelő sorszámu hónap első napján 0^h UT-kor. A kisebb osztások a hónap elejétől eltelt 5 napos időközöknek felelnek meg.

A **bolygók Naptól való kitérését** feltüntető ábráról leolvasható a kitérés szöge és iránya, valamint hozzávetőleges pontossággal az is, hogy melyik csillagképben halad a bolygó a keresett időpontban.

A **bolygók ekliptikai koordinátái** a pillanatnyi heliocentrikus ekliptikai hosszúságot és szélességet, valamint a bolygók Naptól mért távolságát adják meg. Bár az ekliptika voltaképpen a Föld pályasíkja, a Föld ekliptikai szélessége mégis mutat ívmásodperc nagyságú eltérést a nulla értéktől. Ezt a Hold és a bolygók gravitációs hatása okozza.

A **Julián-dátum** táblázatból tetszőleges időpontra megállapítható a JD értéke, azaz egy megállapodás szerinti (de egyébként önkényesen megválasztott) időponttól, i. e. 4713.01.01. 12^h UT-tól eltelt napok száma. Egy tetszőleges időpontadat JD-re való átszámítását a tizednap segéd táblázat könnyíti meg.

A **bolygók Nap körüli elhelyezkedését** bemutató ábrák a bolygók pálya menti helyzetét mutatják, a Föld típusú bolygók esetében az év egyes hónapjainak kezdetén, az óriásbolygók és a Plútó esetében az egyes évek kezdetén.

A **Nap adatai** között megtaláljuk a pillanatnyi egyenlítői koordinátáit, a Földtől mért távolságát, látszó szögátmérőjét, geocentrikus ekliptikai hosszúságát. Az utolsó oszlopokban a Földről látott napkorong középpontjának a napfelszíni koordináta-rendszerben mért koordinátái: heliografikus hosszúsága és szélessége, valamint a Nap forgástengelyének pozíciószöge kapott helyet.

A **Hold adatai** táblázatban a pillanatnyi egyenlítői koordinátái, a Földtől mért távolsága, látszó szögátmérője és fázisa szerepel. Ezt követi a hajnali terminátor és a holdi egyenlítő metszéspontjának szelenografikus hosszúsága (*colongitudo*), amit az észlelési hagyományoknak megfelelően nyugati irányba, 0° -tól 360° -ig mérünk. A *colongitudo* pillanatnyi értékének meghatározását segíti a táblázatos rész végén található *A colongitudo változása* című táblázat. Az utolsó oszlopokban a Földről látott holdkorong középpontjának a holdfelszíni koordináta-rendszerben mért koordinátái: szelenografikus hosszúsága és szélessége, valamint a Hold forgástengelyének pozíciószöge található.

A **Jupiter-holdak** mozgását feltüntető ábráról tetszőleges időpontra leolvasható a holdak elhelyezkedése a bolygó körül. A középen látható kettős függőleges vonal a bolygókorong méretét jelzi. A táblázatokban a holdak Budapestről megfigyelhető jelenségei szerepelnek.

A **Szaturnusz-holdak** megfigyeléséhez megadjuk a legnagyobb keleti kitérések időpontját UT-ben. A Titan és a Japetus esetében a nyugati kitérések időpontja is szerepel. A holdak megtalálását ábra könnyíti meg.

A **kisbolygók** táblázataiban az év során látható legfényesebb kisbolygók J2000.0 epochára vonatkozó koordinátáit és látszó fényességét találjuk a legkedvezőbb megfigyelési időszakra.

Az **üstökösök** táblázataiban a J2000.0-re vonatkozó koordináták, a Naptól, illetve a Földtől mért távolság, a Naptól való kitérés szöge és a várható fényesség szerepel. Az összes ismert és sorszámozott periodikus üstökös fontosabb adatait tartalmazó összefoglaló táblázat az 1997-es évkönyvben található.

A **2000. év üstököseiről** készült összeállítás részletes magyarázata a táblázat mellett található.

A **meteorrajok** táblázatában az év során megfigyelhető fontosabb rajok jellemzőit foglaltuk össze.

A **fogyatkozások és fedések** cím alatt olvashatjuk a nap- és holdfogyatkozásoknak, valamint a Hold bolygófedéseinek adatait.

Külön táblázat tartalmazza a **Hold csillagfedéseit**, amelynek részletes magyarázata a táblázat mellett olvasható.

A **csillagkatalógus** elsősorban azok számára készült, akiknek nagy pontosságú koordinátákra van szükségük. A táblázat alapját az FK5 (*Fundamental Katalog 5*) adatai képezik. A -30° deklinációnál északabbra elhelyezkedő és $4^m.0$ -nál fényesebb csillagok adatait tartalmazza. A csillagok egyenlítői koordinátái az év közepére vonatkoznak, a pontos epocha a táblázat végén szerepel. A számítás során a precesszió hosszú periódusú tagját és a csillag sajátmozgását vettük figyelembe. A koordináták egy évre eső változása szintén e két mozgás együttes hatását tartalmazza. A sajátmozgás értékek 100 évre vonatkoznak. Végül megtalálható a csillag radiális sebessége, parallaxisa (melynek reciproka a parszekben mért távolságot adja) és vizuális fényessége.

Jelek és rövidítések

Holdfázisok, bolygók

●	újhold
◐	első negyed
◯	holdtölte
◑	utolsó negyed
♿	Merkúr
♀	Vénusz
♂	Mars
♃	Jupiter
♄	Szaturnusz
♅	Uránusz
♆	Neptunusz
♁	Plútó

Állatövi csillagképek

♈	Kos (Aries)
♉	Bika (Taurus)
♊	Ikrek (Gemini)
♋	Rák (Cancer)
♌	Oroszlán (Leo)
♍	Szűz (Virgo)
♎	Mérleg (Libra)
♏	Skorpió (Scorpius)
♐	Kígyóirtató (Ophiuchus)
♑	Nyilas (Sagittarius)
♒	Bak (Capricornus)
♓	Vízöntő (Aquarius)
♐	Halak (Pisces)

A táblázatokban használt gyakoribb jelölések

h_d	a Nap delelési magassága
E_t	időegyenlítés
ϑ_{gr}	greenwichi csillagidő
λ	földrajzi hosszúság
φ	földrajzi szélesség
RA	rektaszczenzió
D	deklináció
λ_e	ekliptikai hosszúság
β	ekliptikai szélesség
r	az égitest távolsága a Naptól
Δ	az égitest távolsága a Földtől
$\varnothing$	látszó szögátmérő
L	a centrálmeridián hosszúsága
B	a centrálmeridián szélessége
P	a forgástengely pozíciószöge
m	látszó fényesség

E	a Naptól mért szögtávolság
b	a Szaturnusz gyűrűjének kistengelye
UT	világidő (Universal Time)
KÖZEI	közép-európai idő
NYISZ	nyári időszámítás
JD	Julián-dátum
$h\ m\ s$	óra, perc, másodperc
$^{\circ}\ ' \ ''$	fok, ívperc, ívmásodperc
AU	csillagászati egység (Astronomical Unit)
C_N	colongitudo
μ_{RA}	sajátmozgás rektaszczenzióban
μ_D	sajátmozgás deklinációban
v_{rad}	radiális sebesség
π	parallaxis

A csillagképek latin és magyar neve

röv.	latin név	magyar név	röv.	latin név	magyar név
And	Andromeda	Androméda	Lac	Lacerta	Gyík
Ant	Antlia	Légzivattyú	Leo	Leo	Oroszlán
Aps	Apus	Paradicsommadár	LMi	Leo Minor	Kis Oroszlán
Aqr	Aquarius	Vízöntő	Lep	Lepus	Nyúl
Aql	Aquila	Sas	Lib	Libra	Mérleg
Ara	Ara	Oltár	Lup	Lupus	Farkas
Ari	Aries	Kos	Lyn	Lynx	Hiúz
Aur	Auriga	Szekeres	Lyr	Lyra	Lant
Boo	Bootes	Ökörhajcsár	Men	Mensa	Táblahegy
Cae	Caelum	Véső	Mic	Microscopium	Mikroszkóp
Cam	Camelopardalis	Zsiráf	Mon	Monoceros	Egyszarvú
Cnc	Cancer	Rák	Mus	Musca	Légy
CVn	Canes Venatici	Vadászebek	Nor	Norma	Szögmérő
CMA	Canis Maior	Nagy Kutya	Oct	Octans	Oktáns
CMi	Canis Minor	Kis Kutya	Oph	Ophiuchus	Kígyótartó
Cap	Capricornus	Bak	Ori	Orion	Orion
Car	Carina	Hajógerinc	Pav	Pavo	Páva
Cas	Cassiopeia	Kassziopéia	Peg	Pegasus	Pegazus
Cen	Centaurus	Kentaur	Per	Perseus	Perzeusz
Cep	Cepheus	Cefeusz	Phe	Phoenix	Főnix
Cet	Cetus	Cet	Pic	Pictor	Festő
Cha	Chamaeleon	Kaméleon	Psc	Pisces	Halak
Cir	Circinus	Körző	PsA	Piscis Austrinis	Déli Hal
Col	Columba	Galamb	Pup	Puppis	Hajófara
Com	Coma Berenices	Bereniké haja	Pyx	Pyxis	Tájoló
CrA	Corona Australis	Déli Korona	Ret	Reticulum	Háló
CrB	Corona Borealis	Északi Korona	Sge	Sagitta	Nyíl
Cor	Corvus	Holló	Sgr	Sagittarius	Nyilas
Cra	Crater	Serleg	Sco	Scorpius	Skorpió
Cru	Crux	Dél Keresztje	Scl	Sculptor	Szobrász
Cyg	Cygnus	Hattyú	Sct	Scutum	Pajzs
Del	Delphinus	Delfin	Ser	Serpens	Kígyó
Dor	Dorado	Aranyhal	Sex	Sextans	Szextáns
Dra	Draco	Sárkány	Tau	Taurus	Bika
Equ	Equuleus	Csikó	Tel	Telescopium	Távcső
Eri	Eridanus	Eridánusz	Tri	Triangulum	Háromszög
For	Fornax	Kemence	TrA	Triang. Australe	Déli Háromszög
Gem	Gemini	Ikrek	Tuc	Tucana	Tukán
Gru	Grus	Daru	UMa	Ursa Maior	Nagy Medve
Her	Hercules	Herkules	UMi	Ursa Minor	Kis Medve
Hor	Horologium	Ingaóra	Vel	Vela	Vitorla
Hya	Hydra	Északi Vízikígyó	Vir	Virgo	Szűz
Hyi	Hydrus	Déli Vízikígyó	Vol	Volans	Repülőhal
Ind	Indus	Indián	Vul	Vulpecula	Kis Róka

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

Naptár – január

KÖZEI

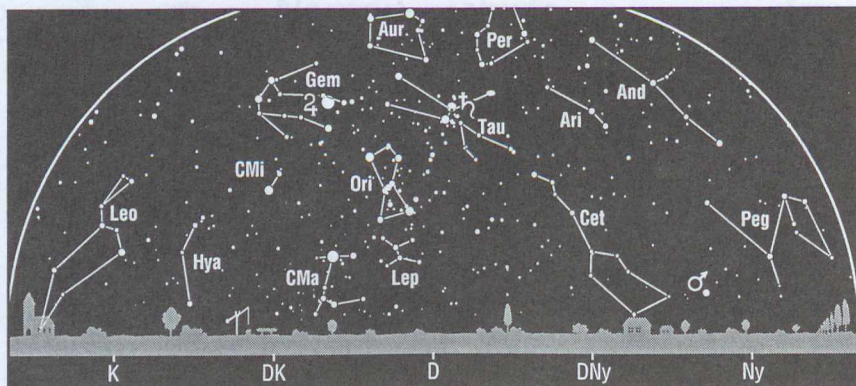
dátum	Nap					Hold				fázis
	kel	delel	nyugszik	h_d	E_t	kel	delel	nyugszik		
	h m	h m	h m	°	m	h m	h m	h m		h m
1. k 1.	7 32	11 48	16 03	19.5	-3.3	18 23	1 19	9 22	○	
2. sz 2.	7 32	11 48	16 04	19.6	-3.8	19 43	2 19	10 01	○	
3. cs 3.	7 32	11 48	16 05	19.6	-4.2	21 03	3 15	10 33	○	
4. p 4.	7 32	11 49	16 06	19.8	-4.7	22 22	4 09	11 00	○	
5. sz 5.	7 32	11 49	16 07	19.9	-5.1	23 39	5 00	11 23	◐	
6. v 6.	7 31	11 50	16 09	20.0	-5.6	—	5 49	11 46	◑	4 55
1. hét										
7. h 7.	7 31	11 50	16 10	20.1	-6.0	0 55	6 37	12 09	◒	
8. k 8.	7 31	11 51	16 11	20.2	-6.5	2 09	7 27	12 34	◒	
9. sz 9.	7 30	11 51	16 12	20.4	-6.9	3 23	8 17	13 02	◒	
10. cs 10.	7 30	11 51	16 13	20.5	-7.3	4 35	9 09	13 36	◒	
11. p 11.	7 30	11 52	16 15	20.6	-7.7	5 43	10 02	14 17	◒	
12. sz 12.	7 29	11 52	16 16	20.8	-8.1	6 45	10 56	15 06	◒	
13. v 13.	7 29	11 53	16 17	21.0	-8.5	7 37	11 49	16 03	◒	14 29
2. hét										
14. h 14.	7 28	11 53	16 18	21.1	-8.8	8 20	12 40	17 05	◒	
15. k 15.	7 27	11 53	16 20	21.3	-9.2	8 54	13 29	18 09	◒	
16. sz 16.	7 27	11 54	16 21	21.5	-9.6	9 23	14 14	19 14	◒	
17. cs 17.	7 26	11 54	16 23	21.7	-9.9	9 46	14 58	20 18	◒	
18. p 18.	7 25	11 54	16 24	21.9	-10.2	10 07	15 39	21 22	◒	
19. sz 19.	7 24	11 55	16 25	22.1	-10.6	10 26	16 20	22 25	◒	
20. v 20.	7 24	11 55	16 27	22.3	-10.9	10 44	17 00	23 29	◒	
3. hét										
21. h 21.	7 23	11 55	16 28	22.5	-11.2	11 03	17 42	—	◒	18 46
22. k 22.	7 22	11 56	16 30	22.8	-11.4	11 23	18 26	0 34	◒	
23. sz 23.	7 21	11 56	16 31	23.0	-11.7	11 48	19 12	1 41	◒	
24. cs 24.	7 20	11 56	16 33	23.2	-12.0	12 17	20 03	2 50	◒	
25. p 25.	7 19	11 56	16 34	23.4	-12.2	12 54	20 58	4 01	◒	
26. sz 26.	7 18	11 57	16 36	23.7	-12.4	13 43	21 58	5 11	◒	
27. v 27.	7 17	11 57	16 37	23.9	-12.6	14 43	22 59	6 15	◒	
4. hét										
28. h 28.	7 16	11 57	16 39	24.2	-12.8	15 56	—	7 10	○	23 50
29. k 29.	7 14	11 57	16 40	24.5	-13.0	17 17	0 01	7 55	○	
30. sz 30.	7 13	11 57	16 42	24.8	-13.2	18 40	1 01	8 31	○	
31. cs 31.	7 12	11 57	16 43	25.0	-13.4	20 03	1 58	9 00	○	

január

nap	Julián dátum 12 ^h UT	ϑ_{gr} 0 ^h UT h m s	névnapok
1.	2 452 276	6 41 54	Újév; Fruzsina, Eufrozina, Mária, Marietta
2.	2 452 277	6 45 50	Ábel, Gergely, Gergő, Gerő, Vászoly, Vazul
3.	2 452 278	6 49 47	Benjámin, Genovéva, Gyöngyvér
4.	2 452 279	6 53 43	Leona, Títusz, Angéla
5.	2 452 280	6 57 40	Simon, Amáta, Deli, Emília
6.	2 452 281	7 01 37	Boldizsár, Gáspár, Menyhért
7.	2 452 282	7 05 33	Attila, Ramóna, Lucían, Rajmund
8.	2 452 283	7 09 30	Gyöngyvér, Keve, Szeverin, Szörényi
9.	2 452 284	7 13 26	Marcell, Juliánusz
10.	2 452 285	7 17 23	Melánia, Vilmos
11.	2 452 286	7 21 19	Ágota, Szalvia
12.	2 452 287	7 25 16	Ernö, Erna
13.	2 452 288	7 29 12	Veronika, Csongor, Vidor
14.	2 452 289	7 33 09	Bódog, Félix, Vidor
15.	2 452 290	7 37 06	Loránd, Lóránt, Itala, Mór, Pál, Roland
16.	2 452 291	7 41 02	Gusztáv, Marcell
17.	2 452 292	7 44 59	Antal, Antónia, Örs
18.	2 452 293	7 48 55	Piroska, Margaréta, Margit
19.	2 452 294	7 52 52	Sára, Márió, Gréta, Margit, Megyer
20.	2 452 295	7 56 48	Fábián, Sebestyén, Özséb, Sebő
21.	2 452 296	8 00 45	Ágnes
22.	2 452 297	8 04 41	Vince, Artúr, Anasztáz
23.	2 452 298	8 08 38	Zelma, Rajmund, Emerencia
24.	2 452 299	8 12 35	Timót, Metella, Xénia
25.	2 452 300	8 16 31	Pál, Bottyán, Henrik
26.	2 452 301	8 20 28	Vanda, Paula, Tamara, Timót, Títusz
27.	2 452 302	8 24 24	Angelika, Angéla, János, Lotár
28.	2 452 303	8 28 21	Károly, Karola, Péter
29.	2 452 304	8 32 17	Adél, Ferenc, Valér
30.	2 452 305	8 36 14	Martina, Gerda, Jácinta
31.	2 452 306	8 40 10	Marcella, János, Virgília

6. Vízkereszt

14. A Julián-naptár szerinti újév napja.



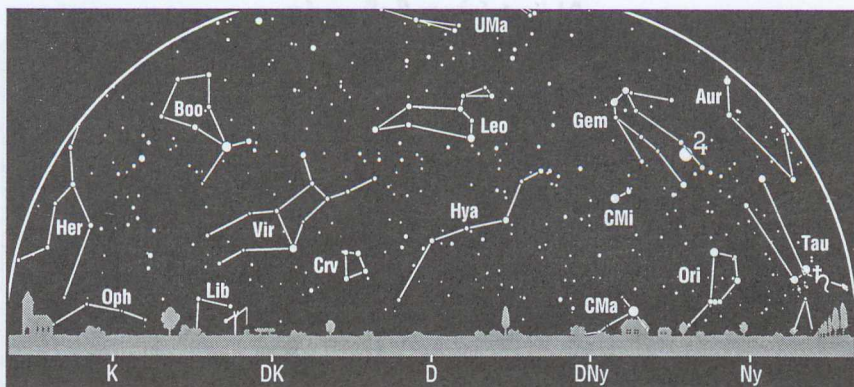
Az esti égbolt

Hold 15-től 28-ig, Merkúr 22-ig, Mars, Jupiter, Szaturnusz.

Kettőscsillagok: γ And, σ Ori, α CVn, ζ UMa. **Nyílthalmazok:** η és χ Per, M45 (Plejádok, Tau), M38 (Aur), M36 (Aur), M37 (Aur), M35 (Gem), M50 (Mon), M44 (Praesepe, Cnc), M67 (Cnc). **Gömbhalmazok:** M15 (Peg), M79 (Lep). **Gázködök:** M1 (Rák-köd, Tau), M42–43 (Orion-köd, Ori). **Galaxisok:** M32 (And), M31 (Androméda-köd, And), M33 (Tri), M77 (Cet), M81–82 (UMa).

Csillagászati események

1. 07^h A Jupiter szembenállásban.
2. 14^h A Föld napközében.
6. 05^h Utolsó negyed.
9. 15^h A Merkúr 1°2'-kal délre a Neptunusztól.
11. 19^h A Merkúr legnagyobb keleti kitérésben (19°).
13. 14^h A Vénusz 1°4'-kal északra a Holdtól.
13. 14^h Újhold.
14. 13^h A Vénusz felső együttállásban.
14. 20^h A Neptunusz 3°5'-kal északra a Holdtól.
15. 05^h A Merkúr 3°8'-kal északra a Holdtól.
16. 02^h Az Uránusz 3°6'-kal északra a Holdtól.
19. 04^h A Mars 4°8'-kal északra a Holdtól.
21. 19^h Első negyed.
24. 17^h A Szaturnusz 0°2'-kal délre a Holdtól, fedés (házánkból nem látható).
25. 21^h A Vénusz 1°3'-kal délre a Neptunusztól.
26. 13^h A Merkúr 4°3'-kal északra a Vénusztól.
26. 20^h A Jupiter 1°0'-kal délre a Holdtól, fedés (házánkból nem látható).
27. 05^h A Merkúr 3°1'-kal északra a Neptunusztól.
27. 20^h A Merkúr alsó együttállásban.
28. 15^h A Neptunusz együttállásban a Nappal.
29. 00^h Telehold.



A hajnali égbolt

Hold 11-ig és 28-tól, Szaturnusz kora hajnalban.

A bolygók

Merkúr: A hónap első felében figyelhető meg az esti égbolton, a délnyugati látóhatár közelében. 11-én van legnagyobb keleti kitérésben, 19° -ra a Naptól. A hónap utolsó harmadában láthatósága gyorsan romlik, 27-én már alsó együttállásban van a Nappal.

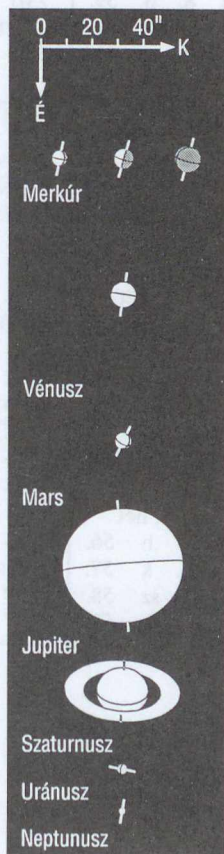
Vénusz: A Nap közelsége miatt nem figyelhető meg. 14-én kerül felső együttállásba a Nappal.

Mars: Este látható a Vízöntő, majd a Halak csillagképben. 22 óra körül nyugszik. Fényessége 0^m9 , átmérője $5''.9$, mindkettő csökken.

Jupiter: 1-jén kerül szembenállásba a Nappal. Egész éjszaka látható az Ikrek csillagképben. Fényessége -2^m7 , átmérője $47''$.

Szaturnusz: Az éjszaka nagy részében látható a Bika csillagképben. A hajnali órákban nyugszik. Fényessége -0^m2 , átmérője $20''$.

Uránusz, Neptunusz: Az év első napjaiban még megkísérelhető észlelésük az esti szürkületben, de láthatóságuk gyorsan romlik. A Neptunusz 28-án kerül együttállásba a Nappal.



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

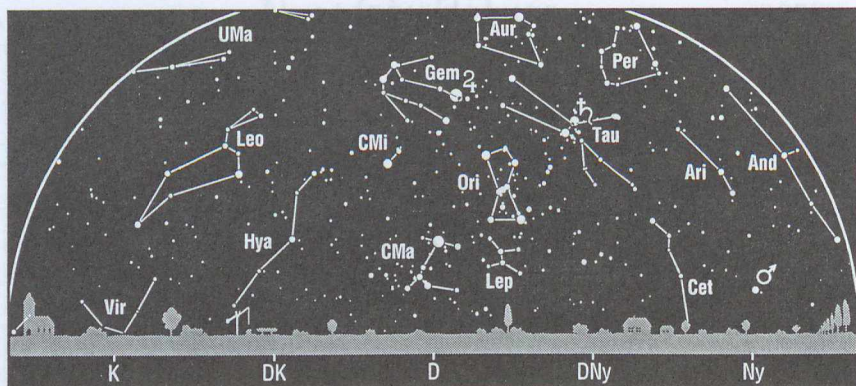
Naptár – február

KÖZEI

dátum	Nap				h_d °	E_t m	Hold			fázis h m
	kel	delel	nyugszik				kel	delel	nyugszik	
	h m	h m	h m				h m	h m	h m	
4. hét										
1. p 32.	7 11	11 58	16 45	25.3	-13.5		21 24	2 52	9 26	○
2. sz 33.	7 09	11 58	16 47	25.6	-13.6		22 42	3 44	9 49	○
3. v 34.	7 08	11 58	16 48	25.9	-13.7		23 59	4 34	10 13	○
5. hét										
4. h 35.	7 07	11 58	16 50	26.2	-13.9		—	5 24	10 37	● 14 33
5. k 36.	7 05	11 58	16 51	26.5	-13.9		1 15	6 14	11 05	●
6. sz 37.	7 04	11 58	16 53	26.8	-14.0		2 27	7 06	11 37	●
7. cs 38.	7 02	11 58	16 54	27.1	-14.1		3 36	7 58	12 15	●
8. p 39.	7 01	11 58	16 56	27.4	-14.1		4 39	8 51	13 01	●
9. sz 40.	7 00	11 58	16 58	27.7	-14.2		5 33	9 44	13 55	●
10. v 41.	6 58	11 58	16 59	28.0	-14.2		6 19	10 35	14 55	●
6. hét										
11. h 42.	6 56	11 58	17 01	28.3	-14.2		6 55	11 24	15 59	●
12. k 43.	6 55	11 58	17 02	28.7	-14.2		7 25	12 11	17 03	● 8 41
13. sz 44.	6 53	11 58	17 04	29.0	-14.2		7 50	12 55	18 08	●
14. cs 45.	6 52	11 58	17 05	29.3	-14.2		8 11	13 37	19 12	●
15. p 46.	6 50	11 58	17 07	29.7	-14.2		8 30	14 18	20 15	●
16. sz 47.	6 48	11 58	17 09	30.0	-14.1		8 49	14 58	21 18	●
17. v 48.	6 47	11 58	17 10	30.4	-14.0		9 07	15 38	22 22	●
7. hét										
18. h 49.	6 45	11 58	17 12	30.7	-14.0		9 26	16 20	23 27	●
19. k 50.	6 43	11 58	17 13	31.1	-13.9		9 48	17 05	—	●
20. sz 51.	6 42	11 58	17 15	31.4	-13.8		10 14	17 53	0 34	● 13 02
21. cs 52.	6 40	11 58	17 16	31.8	-13.7		10 47	18 44	1 43	●
22. p 53.	6 38	11 58	17 18	32.2	-13.6		11 28	19 40	2 51	●
23. sz 54.	6 36	11 57	17 19	32.5	-13.4		12 22	20 39	3 56	●
24. v 55.	6 34	11 57	17 21	32.9	-13.3		13 27	21 40	4 55	●
8. hét										
25. h 56.	6 33	11 57	17 22	33.3	-13.2		14 44	22 41	5 44	○
26. k 57.	6 31	11 57	17 24	33.7	-13.0		16 07	23 40	6 24	○
27. sz 58.	6 29	11 57	17 25	34.0	-12.8		17 32	—	6 57	○ 10 17
28. cs 59.	6 27	11 57	17 27	34.4	-12.6		18 57	0 36	7 24	○

február

nap	Julián dátum 12 ^h UT	ϑ_{gr} 0 ^h UT h m s	névnapok
1.	2 452 307	8 44 07	Ignác, <i>Kincső, Szevér</i>
2.	2 452 308	8 48 04	Karolina, Aida, <i>Apor, Virgínia</i>
3.	2 452 309	8 52 00	Balázs, <i>Oszkár</i>
4.	2 452 310	8 55 57	Ráhel, Csenge, <i>Andor, András, Andrea, Endre</i>
5.	2 452 311	8 59 53	Ágota, Ingrid, <i>Etel, Etelka</i>
6.	2 452 312	9 03 50	Dorottya, Dóra, <i>Gaszton, Pál, Titanilla</i>
7.	2 452 313	9 07 46	Tódor, Rómeó
8.	2 452 314	9 11 43	Aranka, <i>János</i>
9.	2 452 315	9 15 39	Abigél, Alex, <i>Apollónia, Hanga, Polla</i>
10.	2 452 316	9 19 36	Elvira, <i>Szorina, Virág</i>
11.	2 452 317	9 23 33	Bertold, Marietta, <i>Adolf, Mária</i>
12.	2 452 318	9 27 29	Lívia, Lídia, <i>Evelin</i>
13.	2 452 319	9 31 26	Ella, Linda, <i>Katalin, Kitti, Levente</i>
14.	2 452 320	9 35 22	Bálint, Valentin, <i>Cirill, Kürt, Valentina</i>
15.	2 452 321	9 39 19	Kolos, Georgina, <i>György, Györgyi, Szigfrid</i>
16.	2 452 322	9 43 15	Julianna, Lilla, <i>Élías, Júlia</i>
17.	2 452 323	9 47 12	Donát, <i>Elek</i>
18.	2 452 324	9 51 08	Bernadett, <i>Bolivár, Konrád, Simon</i>
19.	2 452 325	9 55 05	Zsuzsanna, <i>Konrád, Oszvald</i>
20.	2 452 326	9 59 02	Aladár, Álmos, <i>Amáta</i>
21.	2 452 327	10 02 58	Eleonóra, <i>Leonóra, Nóra, Péter</i>
22.	2 452 328	10 06 55	Gerzson, <i>Margaréta, Margit, Petra</i>
23.	2 452 329	10 10 51	Alfréd, <i>Péter</i>
24.	2 452 330	10 14 48	Mátyás
25.	2 452 331	10 18 44	Géza, <i>Cézár, Tarcál</i>
26.	2 452 332	10 22 41	Edina, <i>Győző, Ottokár, Sándor</i>
27.	2 452 333	10 26 37	Ákos, Bátor, <i>Gábor, Gábel</i>
28.	2 452 334	10 30 34	Elemér, <i>Oszvald, Román</i>



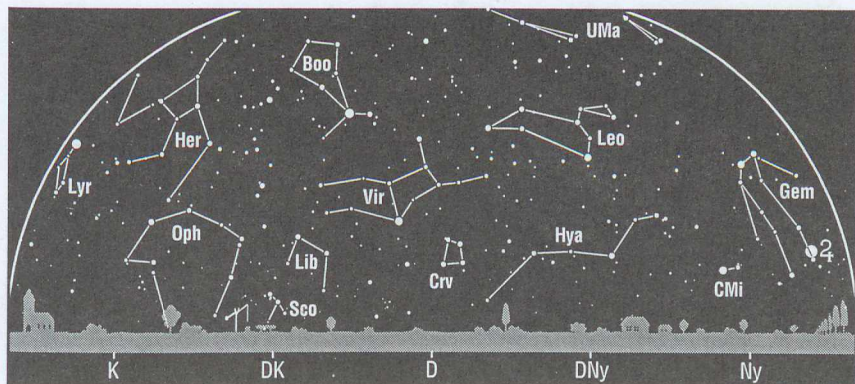
Az esti égbolt

Hold 14-től 27-ig, Vénusz szürkületben, Mars, Jupiter, Szaturnusz.

Kettőscsillagok: γ And, σ Ori, ζ UMa. *Nyílthalmazok:* ι és χ Per, M45 (Plejádok, Tau), M38 (Aur), M36 (Aur), M37 (Aur), M35 (Gem), M50 (Mon), M44 (Praesepe, Cnc), M67 (Cnc). *Gömbhalmazok:* M79 (Lep). *Gázködök:* M1 (Rák-köd, Tau), M42–43 (Orion-köd, Ori). *Galaxisok:* M32 (And), M31 (Androméda-köd, And), M33 (Tri), M81–82 (UMa).

Csillagászati események

- 4. 15^h Utolsó negyed.
- 7. 17^h A Vénusz 0°7'-kal délre az Uránusztól.
- 10. 09^h A Merkúr 5°1'-kal északra a Holdtól.
- 11. 05^h A Neptunusz 3°6'-kal északra a Holdtól.
- 12. 09^h Újhold.
- 12. 12^h Az Uránusz 3°6'-kal északra a Holdtól.
- 13. 01^h A Vénusz 3°2'-kal északra a Holdtól.
- 13. 18^h Az Uránusz együttállásban a Nappal.
- 17. 05^h A Mars 4°7'-kal északra a Holdtól.
- 20. 13^h Első negyed.
- 21. 02^h A Szaturnusz 0°2'-kal délre a Holdtól, fedés (hazánkból nem látható).
- 21. 22^h A Merkúr legnagyobb nyugati kitérésben (27").
- 23. 04^h A Jupiter 0°9'-kal délre a Holdtól, fedés (hazánkból nem látható).
- 24. 16^h A Merkúr 0°5'-kal délre a Neptunusztól.
- 27. 10^h Telehold.



A hajnali égbolt

Hold 10-ig és 27-től, Merkúr szürkületben, Szaturnusz.

A bolygók

Merkúr: A hónap második hetétől kereshető meg a hajnali szürkületben, a délkeleti látóhatár fölött. 21-én van legnagyobb nyugati kitérésben, 27° -ra a Naptól.

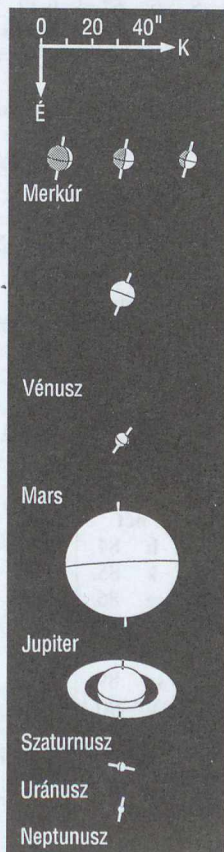
Vénusz: A hónap második felében már megkereshető napnyugta után a nyugati látóhatár fölött. A hó végén még alig egy órával nyugszik a Nap után. Fényessége -3^m9 .

Mars: Este látható a Halak, majd a Kos csillagképben. 22 óra körül nyugszik. Fényessége 1^m1 , átmérője $5''.1$, mindkettő csökken.

Jupiter: Az éjszaka nagy részében megfigyelhető az Ikrek csillagképben. Hajnalban nyugszik. Fényessége -2^m5 , átmérője $44''$.

Szaturnusz: Az éjszaka első felében látható a Bika csillagképben. Éjfél után nyugszik. Fényessége 0^m0 , átmérője $19''$.

Uránusz, Neptunusz: A Nap közelsége miatt nem figyelhetők meg. Az Uránusz 13-án kerül együttállásba a Nappal.



$\lambda = -19^\circ$, $\varphi = 47.5^\circ$

Naptár – március

KÖZEI*

dátum	Nap				h_d °	E_t m	Hold			fázis h m
	kel, delel, nyugszik h m h m h m						kel, delel, nyugszik h m h m h m			
8. hét										
1. p 60.	6 25	11 56	17 28	34.8	−12.5	20 19	1 31	7 49	○	
2. sz 61.	6 23	11 56	17 30	35.2	−12.3	21 40	2 23	8 13	○	
3. v 62.	6 21	11 56	17 31	35.5	−12.1	23 00	3 15	8 38	○	
9. hét										
4. h 63.	6 19	11 56	17 33	35.9	−11.8	—	4 07	9 05	●	
5. k 64.	6 17	11 56	17 34	36.3	−11.6	0 16	5 00	9 36	●	
6. sz 65.	6 16	11 55	17 36	36.7	−11.4	1 29	5 54	10 13	●	2 24
7. cs 66.	6 14	11 55	17 37	37.1	−11.2	2 34	6 47	10 58	●	
8. p 67.	6 12	11 55	17 39	37.5	−10.9	3 32	7 40	11 49	●	
9. sz 68.	6 10	11 55	17 40	37.8	−10.7	4 19	8 32	12 48	●	
10. v 69.	6 08	11 54	17 42	38.3	−10.4	4 58	9 21	13 50	●	
10. hét										
11. h 70.	6 06	11 54	17 43	38.6	−10.2	5 29	10 08	14 55	●	
12. k 71.	6 04	11 54	17 45	39.0	−9.9	5 55	10 53	15 59	●	
13. sz 72.	6 02	11 54	17 46	39.4	−9.6	6 17	11 35	17 04	●	
14. cs 73.	6 00	11 53	17 48	39.8	−9.4	6 36	12 17	18 07	●	3 02
15. p 74.	5 58	11 53	17 49	40.2	−9.1	6 55	12 57	19 10	●	
16. sz 75.	5 56	11 53	17 50	40.6	−8.8	7 12	13 37	20 14	●	
17. v 76.	5 54	11 52	17 52	41.0	−8.5	7 31	14 19	21 19	●	
11. hét										
18. h 77.	5 52	11 52	17 53	41.4	−8.2	7 52	15 02	22 25	●	
19. k 78.	5 50	11 52	17 55	41.8	−8.0	8 16	15 48	23 33	●	
20. sz 79.	5 48	11 52	17 56	42.2	−7.7	8 45	16 37	—	●	
21. cs 80.	5 46	11 51	17 58	42.6	−7.4	9 22	17 30	0 40	●	
22. p 81.	5 44	11 51	17 59	43.0	−7.1	10 09	18 26	1 45	●	3 28
23. sz 82.	5 42	11 51	18 01	43.4	−6.8	11 07	19 24	2 44	●	
24. v 83.	5 40	11 50	18 02	43.8	−6.5	12 17	20 23	3 35	○	
12. hét										
25. h 84.	5 38	11 50	18 03	44.1	−6.2	13 35	21 21	4 18	○	
26. k 85.	5 36	11 50	18 05	44.5	−5.9	14 58	22 18	4 53	○	
27. sz 86.	5 34	11 49	18 06	44.9	−5.6	16 22	23 13	5 22	○	
28. cs 87.	5 32	11 49	18 08	45.3	−5.3	17 47	—	5 48	○	19 25
29. p 88.	5 30	11 49	18 09	45.7	−4.9	19 10	0 07	6 12	○	
30. sz 89.	5 28	11 49	18 10	46.1	−4.6	20 33	1 00	6 36	○	
31. v 90.	5*26	11*48	18*12	46.5	−4.3	21*54	1 54	7*02	○	

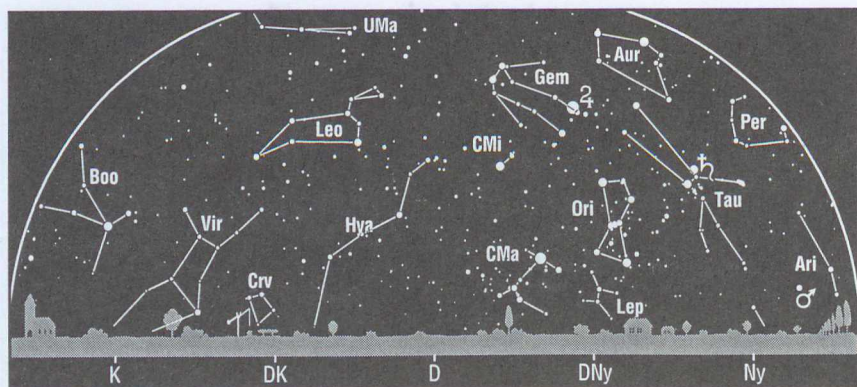
*A nyári időszámítás alatt a KÖZEI-ben megadott időpontokhoz egy órát hozzá kell adni!

március

nap	Julián dátum 12 ^h UT	ϑ_{gr} 0 ^h UT h m s	névnapok
1.	2 452 335	10 34 31	Albin, <i>Albina</i>
2.	2 452 336	10 38 27	Lujza, <i>Kada</i>
3.	2 452 337	10 42 24	Kornélia, <i>Frigyes, Kamilla, Kunigunda</i>
4.	2 452 338	10 46 20	Kázmér, <i>Adorján, Adrián, Adrienn, Matild, Zorán</i>
5.	2 452 339	10 50 17	Adorján, Adrián, <i>Adrienn, Olívia, Virgil</i>
6.	2 452 340	10 54 13	Leonóra, Inez, <i>Gottlib, Nóra</i>
7.	2 452 341	10 58 10	Tamás
8.	2 452 342	11 02 06	Zoltán, <i>János</i>
9.	2 452 343	11 06 03	Franciska, Fanni, <i>Domokos, Domonkos</i>
10.	2 452 344	11 10 00	Ildikó, <i>Etele, Kadosa, Melitta</i>
11.	2 452 345	11 13 56	Szilárd, <i>Aladár, Bendegúz, Borsika, Konstantina</i>
12.	2 452 346	11 17 53	Gergely, <i>Gergő, Gerő</i>
13.	2 452 347	11 21 49	Krisztián, Ajtony, <i>Arabella, Rozina, Solt</i>
14.	2 452 348	11 25 46	Matild, <i>Paulina, Tilda, Tilla</i>
15.	2 452 349	11 29 42	Nemzeti ünnep; Kristóf, <i>Kelemen, Kenese</i>
16.	2 452 350	11 33 39	Henrietta, <i>Geréb, Henriett, Zádor</i>
17.	2 452 351	11 37 35	Gertrúd, Patrik, <i>Patricia</i>
18.	2 452 352	11 41 32	Sándor, Ede, <i>Alexandra, Cirill, Szandra</i>
19.	2 452 353	11 45 29	József, Bánk
20.	2 452 354	11 49 25	Klaudia, <i>Hubert, Mór</i>
21.	2 452 355	11 53 22	Benedek, <i>Bence, Miklós</i>
22.	2 452 356	11 57 18	Beáta, Izolda, <i>Katalin, Kitti, Lea</i>
23.	2 452 357	12 01 15	Emőke, <i>Balabán, Kartal</i>
24.	2 452 358	12 05 11	Gábor, Karina, <i>Gábel</i>
25.	2 452 359	12 09 08	Irén, Írisz, <i>Irina, Mária, Marietta</i>
26.	2 452 360	12 13 04	Emánuel, <i>Manó, Manuella</i>
27.	2 452 361	12 17 01	Hajnalka
28.	2 452 362	12 20 58	Gedeon, Johanna, <i>Janka, Zsanett</i>
29.	2 452 363	12 24 54	Augusztá
30.	2 452 364	12 28 51	Zalán, <i>Amadé, Izidor</i>
31.	2 452 365	12 32 47	Húsvét; Árpád, <i>Benő, Janka, Johanna, Zsanett</i>

14. Az iszlám naptár 1423. évének kezdete napnyugtakor.

31. A nyári időszámítás kezdete 2^h KÖZEI-kor.



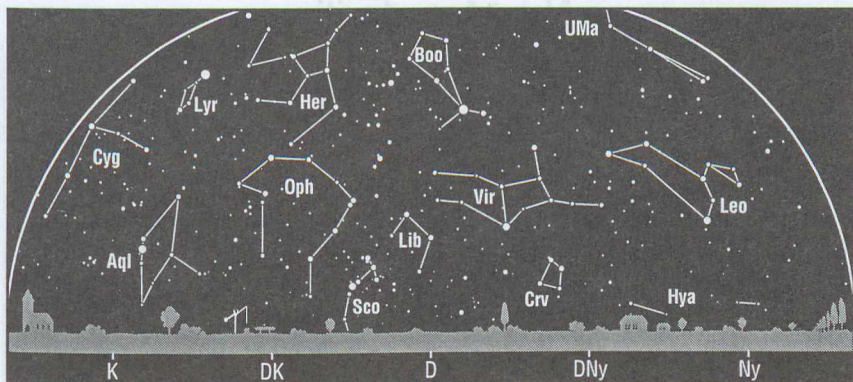
Az esti égbolt

Hold 16-tól 2-ig, Vénusz, Mars, Jupiter, Szaturnusz. Virginidák meteorraj.

Kettőscillagok: σ Ori, α CVn, ζ UMa. **Nylthalmazok:** η és χ Per, M45 (Plejádok, Tau), M38 (Aur), M36 (Aur), M37 (Aur), M35 (Gem), M50 (Mon), M44 (Praesepe, Cnc), M67 (Cnc). **Gömbhalmazok:** M3 (CVn). **Gázködök:** M1 (Rák-köd, Tau), M42–43 (Orion-köd, Ori). **Galaxisok:** M81–82 (UMa), M106 (CVn), M94 (CVn), M64 (Com), M63 (CVn), M51 (Örvény-köd, CVn), M101 (UMa).

Csillagászati események

- 6. 02^h Utolsó negyed.
- 9. 11^h A Merkúr 1.2°-kal délre az Uránusztól.
- 10. 13^h A Neptunusz 3.8°-kal északra a Holdtól.
- 11. 21^h Az Uránusz 3.8°-kal északra a Holdtól.
- 12. 05^h A Merkúr 2.6°-kal északra a Holdtól.
- 14. 03^h Újhold.
- 15. 12^h A Vénusz 3.7°-kal északra a Holdtól.
- 18. 05^h A Mars 3.7°-kal északra a Holdtól.
- 20. 11^h A Szaturnusz 0.4°-kal délre a Holdtól, fedés (hazánkból nem látható).
- 20. 21^h 16^m Tavaszi napéjgyenlőség.
- 22. 03^h Első negyed.
- 22. 13^h A Jupiter 1.2°-kal délre a Holdtól, fedés (hazánkból nem látható).
- 24. 13^h A Szaturnusz 4.0°-kal északra az Aldebarantól.
- 28. 19^h Telehold.



A hajnali égbolt

Hold 12-ig és 28-tól, Merkúr szürkületben.

A bolygók

Merkúr: A hónap első felében még megkísérelhető észlelése a hajnali szürkületben, a délkeleti látóhatár közelében.

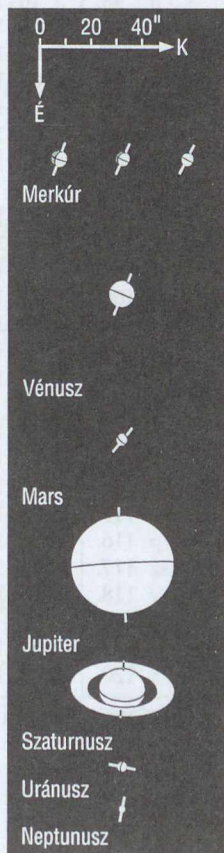
Vénusz: Egyre jobban látható az esti szürkületben, a nyugati égbolton. A hónap végén másfél órával nyugszik a Nap után. Fényessége -3^m9 .

Mars: Este látható a Kos csillagképben. 22 óra körül nyugszik. Fényessége 1^m4 , átmérője $4''6$, mindkettő csökken.

Jupiter: Az éjszaka első felében figyelhető meg az Ikrek csillagképben. Kora hajnalban nyugszik. Fényessége -2^m3 , átmérője $40''$.

Szaturnusz: Az éjszaka első felében látható a Bika csillagképben. Éjfél körül nyugszik. Fényessége 0^m1 , átmérője $18''$.

Uránusz, Neptunusz: A Nap közelsége miatt nem figyelhető meg.



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

Naptár – április

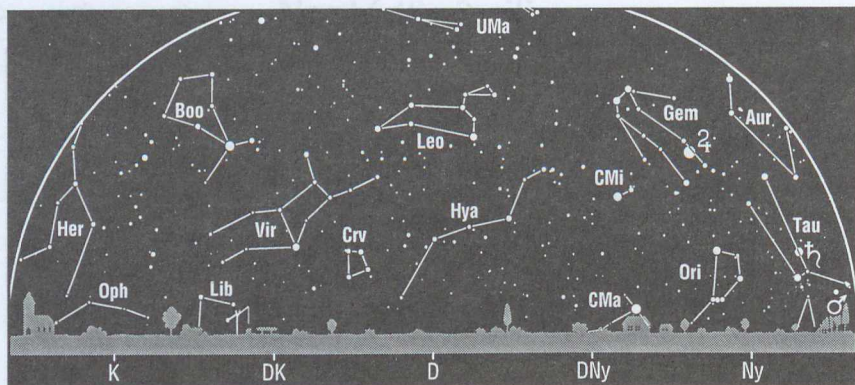
KÖZEI*

dátum	Nap					Hold				fázis
	kel	delel	nyugszik	h_d	E_t	kel	delel	nyugszik		
	h m	h m	h m	°	m	h m	h m	h m		h m
13. hét										
1. h 91.	5*24	11*48	18*13	46.9	-4.0	23*12	2*48	7*32	○	
2. k 92.	5*22	11*48	18*15	47.3	-3.7	—	3*43	8*08	○	
3. sz 93.	5*20	11*47	18*16	47.7	-3.4	0*24	4*39	8*51	○	
4. cs 94.	5*18	11*47	18*17	48.0	-3.2	1*26	5*34	9*41	○	16*29
5. p 95.	5*16	11*47	18*19	48.4	-2.9	2*18	6*27	10*39	○	
6. sz 96.	5*14	11*46	18*20	48.8	-2.6	3*00	7*18	11*41	○	
7. v 97.	5*12	11*46	18*22	49.2	-2.3	3*34	8*06	12*46	○	
14. hét										
8. h 98.	5*10	11*46	18*23	49.5	-2.0	4*01	8*52	13*50	○	
9. k 99.	5*08	11*46	18*25	49.9	-1.7	4*23	9*35	14*55	○	
10. sz 100.	5*06	11*45	18*26	50.3	-1.5	4*43	10*16	15*59	○	
11. cs 101.	5*04	11*45	18*27	50.7	-1.2	5*01	10*56	17*02	○	
12. p 102.	5*02	11*45	18*29	51.0	-0.9	5*19	11*37	18*06	○	20*21
13. sz 103.	5*00	11*45	18*30	51.4	-0.7	5*37	12*18	19*11	○	
14. v 104.	4*58	11*44	18*32	51.8	-0.4	5*57	13*01	20*17	○	
15. hét										
15. h 105.	4*56	11*44	18*33	52.1	-0.2	6*20	13*46	21*25	○	
16. k 106.	4*54	11*44	18*34	52.5	+0.1	6*47	14*34	22*33	○	
17. sz 107.	4*52	11*44	18*36	52.8	+0.3	7*21	15*26	23*39	○	
18. cs 108.	4*51	11*43	18*37	53.2	+0.5	8*03	16*20	—	○	
19. p 109.	4*49	11*43	18*39	53.5	+0.8	8*57	17*16	0*39	○	
20. sz 110.	4*47	11*43	18*40	53.9	+1.0	10*01	18*13	1*32	○	13*48
21. v 111.	4*45	11*43	18*41	54.2	+1.2	11*14	19*10	2*16	○	
16. hét										
22. h 112.	4*43	11*43	18*43	54.6	+1.4	12*33	20*05	2*52	○	
23. k 113.	4*41	11*42	18*44	54.9	+1.6	13*54	20*59	3*22	○	
24. sz 114.	4*40	11*42	18*46	55.2	+1.8	15*16	21*51	3*48	○	
25. cs 115.	4*38	11*42	18*47	55.6	+2.0	16*38	22*44	4*12	○	
26. p 116.	4*36	11*42	18*48	55.9	+2.1	18*01	23*37	4*35	○	
27. sz 117.	4*34	11*42	18*50	56.2	+2.3	19*24	—	5*00	○	4*00
28. v 118.	4*33	11*41	18*51	56.5	+2.4	20*46	0*31	5*27	○	
17. hét										
29. h 119.	4*31	11*41	18*53	56.8	+2.6	22*03	1*27	6*00	○	
30. k 120.	4*29	11*41	18*54	57.1	+2.7	23*13	2*24	6*40	○	

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

április

nap	Julián dátum 12 ^h UT	ϑ_{gr} 0 ^h UT h m s	névnapok
1.	2 452 366	12 36 44	Húsvét; Hugó, Melitta
2.	2 452 367	12 40 40	Áron, Ferenc, Tünde
3.	2 452 368	12 44 37	Buda, Richárd, Keresztély, Krisztián
4.	2 452 369	12 48 33	Izidor
5.	2 452 370	12 52 30	Vince, Teodóra
6.	2 452 371	12 56 27	Vilmos, Bíborka, Celesztin
7.	2 452 372	13 00 23	Herman, József
8.	2 452 373	13 04 20	Dénes, Lídia, Mária, Marietta, Váler
9.	2 452 374	13 08 16	Erhard, Kreszcencia
10.	2 452 375	13 12 13	Zsolt
11.	2 452 376	13 16 09	Leó, Szaniszló, Glória, Laura, Leona
12.	2 452 377	13 20 06	Gyula
13.	2 452 378	13 24 02	Ida, Dalida, Márton
14.	2 452 379	13 27 59	Tibor
15.	2 452 380	13 31 56	Anasztázia, Tas, Cézár, Novávia
16.	2 452 381	13 35 52	Csongor, Bánk, Bernadett, József
17.	2 452 382	13 39 49	Rudolf, Csongor, Rezső
18.	2 452 383	13 43 45	Andrea, Ilma, Andor, András, Apolló, Endre
19.	2 452 384	13 47 42	Emma, Kocsárd
20.	2 452 385	13 51 38	Tivadar
21.	2 452 386	13 55 35	Konrád, Zsombor
22.	2 452 387	13 59 31	Csilla, Noémi, Noé
23.	2 452 388	14 03 28	Béla, Gellért
24.	2 452 389	14 07 25	György, Fidél, Györgyi, Hunor
25.	2 452 390	14 11 21	Márk, Ányos, Ervin, Márkus
26.	2 452 391	14 15 18	Ervin
27.	2 452 392	14 19 14	Zita, Arisztid, Marianna
28.	2 452 393	14 23 11	Valéria, Pál, Patrícia, Patrik, Péter
29.	2 452 394	14 27 07	Péter, Albert, Antónia, Katalin, Szibilla
30.	2 452 395	14 31 04	Katalin, Kitty



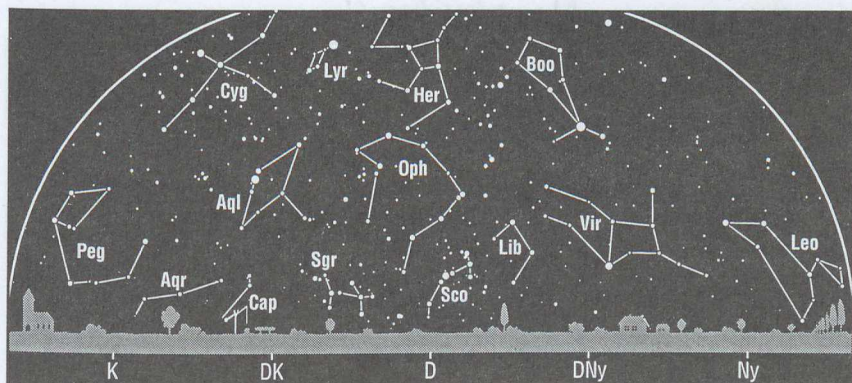
Az esti égbolt

Hold 14-től 27-ig, Merkúr 16-tól, Vénusz, Mars, Jupiter, Szaturnusz. Virginidák meteororraj.

Kettőscsillagok: α CVn, ζ UMa. *Nyílthalmazok:* M38 (Aur), M36 (Aur), M37 (Aur), M35 (Gem), M50 (Mon), M44 (Praesepe, Cnc), M67 (Cnc). *Gömbhalmazok:* M3 (CVn), M13 (Her), M92 (Her). *Galaxisok:* M81–82 (UMa), M106 (CVn), M49 (Vir), M87 (Vir), M104 (Sombrero-galaxis, Vir), M94 (CVn), M64 (Com), M63 (CVn), M51 (Örvény-köd, CVn), M101 (UMa).

Csillagászati események

4. 16^h* Utolsó negyed.
6. 20^h* A Neptunusz 4^o0'-kal északra a Holdtól.
7. 10^h* A Merkúr felső együttállásban.
8. 06^h* Az Uránusz 4^o0'-kal északra a Holdtól.
12. 20^h* Újhold.
13. 12^h* A Merkúr 4^o0'-kal északra a Holdtól.
14. 21^h* A Vénusz 2^o8'-kal északra a Holdtól.
16. 02^h* A Mars 2^o3'-kal északra a Holdtól.
16. 22^h* A Szaturnusz 0^o7'-kal délre a Holdtól, fedés, hazánkban a belépés látható.
19. 00^h* A Jupiter 1^o6'-kal délre a Holdtól.
20. 14^h* Első negyed.
27. 04^h* Telehold.



A hajnali égbolt

Hold 10-ig és 27-től.

A bolygók

Merkúr: 7-én kerül felső együttállásba a Nappal. A hónap második felében látható este a nyugati látóhatár fölött. Helyzete megfigyelésre igen kedvező. A hó közepén két órával nyugszik a Nap után.

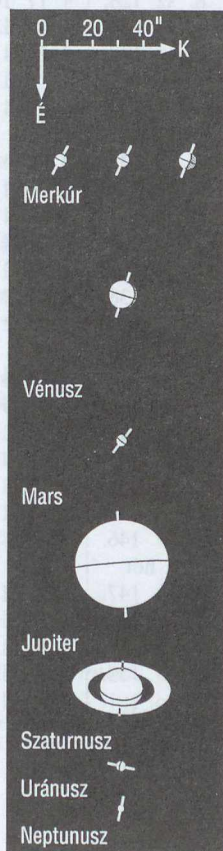
Vénusz: Este a nyugati égbolt feltűnő égitestje. A hónap végén két és fél órával nyugszik a Nap után. Fényessége -3^m9 , fázisa a hónap végéig 0.9-re csökken.

Mars: Este látható a Kos, majd a Bika csillagképben. 22 óra körül nyugszik. Fényessége 1^m5 , átmérője $4''.2$, mindkettő csökken.

Jupiter: Az éjszaka első felében figyelhető meg az Ikrek csillagképben. Éjfél után nyugszik. Fényessége -2^m1 , átmérője $36''$.

Szaturnusz: Az esti órákban látható a Bika csillagképben. Késő este nyugszik. Fényessége 0^m1 , átmérője $17''$.

Uránusz, Neptunusz: Hajnalban kelnek, helyzetük megfigyelésre nem kedvező.



$\lambda = -19^{\circ}$, $\varphi = 47^{\circ}5$

Naptár – május

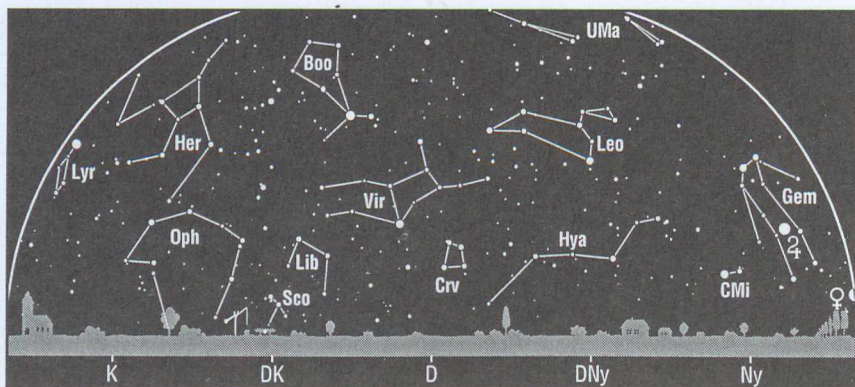
KÖZEI*

dátum	Nap					Hold			
	kel	delel	nyugszik	h_d	E_t	kel	delel	nyugszik	fázis
	h m	h m	h m	°	m	h m	h m	h m	h m
17. hét									
1. sz 121.	4*28	11*41	18*55	57.4	+2.9	—	3*22	7*29	○
2. cs 122.	4*26	11*41	18*57	57.8	+3.0	0*11	4*18	8*25	○
3. p 123.	4*25	11*41	18*58	58.1	+3.1	0*59	5*11	9*28	○
4. sz 124.	4*23	11*41	18*59	58.3	+3.2	1*36	6*01	10*33	○ 8*16
5. v 125.	4*21	11*41	19*01	58.6	+3.3	2*05	6*48	11*39	○
18. hét									
6. h 126.	4*20	11*41	19*02	58.9	+3.4	2*29	7*32	12*44	○
7. k 127.	4*18	11*41	19*03	59.2	+3.5	2*50	8*14	13*48	○
8. sz 128.	4*17	11*40	19*05	59.5	+3.5	3*08	8*55	14*52	○
9. cs 129.	4*16	11*40	19*06	59.8	+3.6	3*26	9*35	15*56	○
10. p 130.	4*14	11*40	19*07	60.0	+3.6	3*43	10*16	17*01	○
11. sz 131.	4*13	11*40	19*09	60.3	+3.7	4*02	10*58	18*07	○
12. v 132.	4*11	11*40	19*10	60.5	+3.7	4*24	11*43	19*15	○ 11*45
19. hét									
13. h 133.	4*10	11*40	19*11	60.8	+3.7	4*49	12*31	20*24	○
14. k 134.	4*09	11*40	19*13	61.0	+3.7	5*21	13*22	21*32	○
15. sz 135.	4*07	11*40	19*14	61.3	+3.7	6*01	14*16	22*35	○
16. cs 136.	4*06	11*40	19*15	61.5	+3.7	6*51	15*12	23*31	○
17. p 137.	4*05	11*40	19*16	61.7	+3.7	7*52	16*09	—	○
18. sz 138.	4*04	11*40	19*18	61.9	+3.6	9*02	17*05	0*17	○
19. v 139.	4*03	11*40	19*19	62.2	+3.6	10*18	17*59	0*55	○ 20*42
20. hét									
20. h 140.	4*02	11*40	19*20	62.4	+3.5	11*37	18*52	1*26	○
21. k 141.	4*00	11*41	19*21	62.6	+3.5	12*56	19*43	1*52	○
22. sz 142.	3*59	11*41	19*22	62.8	+3.4	14*15	20*33	2*15	○
23. cs 143.	3*58	11*41	19*24	63.0	+3.4	15*36	21*24	2*37	○
24. p 144.	3*57	11*41	19*25	63.2	+3.3	16*56	22*17	3*00	○
25. sz 145.	3*57	11*41	19*26	63.4	+3.2	18*18	23*11	3*25	○
26. v 146.	3*56	11*41	19*27	63.6	+3.1	19*37	—	3*55	○ 12*51
21. hét									
27. h 147.	3*55	11*41	19*28	63.7	+3.0	20*52	0*08	4*31	○
28. k 148.	3*54	11*41	19*29	63.9	+2.9	21*57	1*06	5*15	○
29. sz 149.	3*53	11*41	19*30	64.1	+2.7	22*51	2*03	6*09	○
30. cs 150.	3*52	11*41	19*31	64.2	+2.6	23*33	2*59	7*10	○
31. p 151.	3*52	11*42	19*32	64.4	+2.5	—	3*52	8*16	○

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

május

nap	Julián dátum 12 ^h UT	ϑ_{gr} 0 ^h UT h m s	névnapok
1.	2 452 396	14 35 00	A munka ünnepe; Fülöp, Jakab, <i>Amarilla, Zsaklin</i>
2.	2 452 397	14 38 57	Zsigmond, <i>Atanáz</i>
3.	2 452 398	14 42 53	Tímea, Irma
4.	2 452 399	14 46 50	Mónika, Flórián, <i>Szilvánusz</i>
5.	2 452 400	14 50 47	Györgyi, <i>Gothárd, György, Piusz, Toszka</i>
6.	2 452 401	14 54 43	Ivett, Frida, <i>Friderika, János, Judit</i>
7.	2 452 402	14 58 40	Gizella
8.	2 452 403	15 02 36	Mihály, <i>Gizella, Győző, Stella</i>
9.	2 452 404	15 06 33	Gergely, <i>Beáta, Édua, Gergő, Gerő, Katinka</i>
10.	2 452 405	15 10 29	Ármin, Pálma
11.	2 452 406	15 14 26	Ferenc, <i>Adolf, Mirandola</i>
12.	2 452 407	15 18 22	Pongrác
13.	2 452 408	15 22 19	Szervác, Imola, <i>Imelda, Róbert</i>
14.	2 452 409	15 26 16	Bonifác, <i>Bónis, Gyöngyi</i>
15.	2 452 410	15 30 12	Zsófia, Szonja, <i>Izsák</i>
16.	2 452 411	15 34 09	Mózes, Botond, <i>Szimónia, Ubul</i>
17.	2 452 412	15 38 05	Paszkál
18.	2 452 413	15 42 02	Erik, Alexandra, <i>Erika, Hanga, Pálma</i>
19.	2 452 414	15 45 58	Pünkösöd; Ivó, Milán, <i>Ivonn</i>
20.	2 452 415	15 49 55	Pünkösöd; Bernát, Felícia, <i>Balabán</i>
21.	2 452 416	15 53 51	Konstantin, <i>Andor, András, Andrea, Endre, Tibád</i>
22.	2 452 417	15 57 48	Júlia, Rita, <i>Ugron</i>
23.	2 452 418	16 01 45	Dezső, <i>Dézi</i>
24.	2 452 419	16 05 41	Eszter, Eliza, <i>Hanna, Mária, Marietta</i>
25.	2 452 420	16 09 38	Orbán, <i>Gergely, Gergő, Gerő</i>
26.	2 452 421	16 13 34	Fülöp, Evelin, <i>Amanda, Tarján</i>
27.	2 452 422	16 17 31	Hella, <i>Gyula</i>
28.	2 452 423	16 21 27	Emil, Csanád, <i>Ágoston</i>
29.	2 452 424	16 25 24	Magdolna, <i>Manda</i>
30.	2 452 425	16 29 20	Janka, Zsanett, <i>Ferdinánd, Hanna, Nándor</i>
31.	2 452 426	16 33 17	Angéla, Petronella



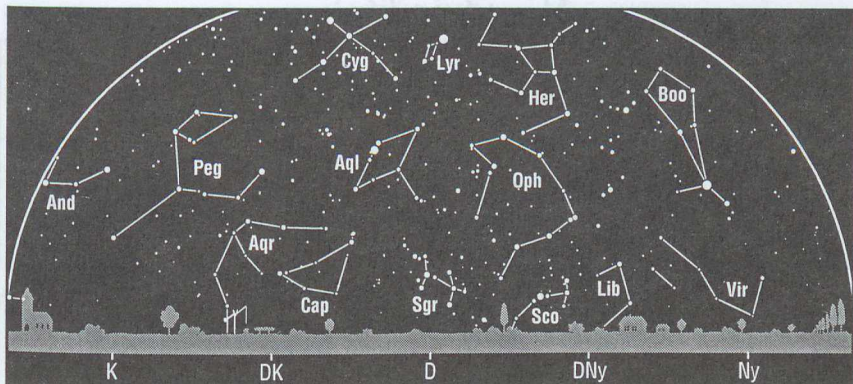
Az esti égbolt

Hold 14-től 26-ig, Merkúr 17-ig, Vénusz, Mars, Jupiter, Szaturnusz szürkületben.

Kettőscsillagok: α CVn, ζ UMa, ζ Lyr, β Lyr, ϑ Ser. *Nyílthalmazok:* M44 (Praesepe, Cnc), M67 (Cnc). *Gömbhalmazok:* M3 (CVn), M5 (Ser), M13 (Her), M92 (Her). *Gáz-ködök:* M57 (Gyűrűs-köd, Lyr). *Galaxisok:* M81–82 (UMa), M106 (CVn), M49 (Vir), M87 (Vir), M104 (Sombrero-galaxis, Vir), M94 (CVn), M64 (Com), M63 (CVn), M51 (Örvény-köd, CVn), M101 (UMa).

Csillagászati események

4. 03^h* A Neptunusz 4^o2-kal északra a Holdtól.
4. 04^h* A Merkúr legnagyobb keleti kitérésben (21^o).
4. 08^h* A Mars 2^o2-kal északra a Szaturnusztól.
4. 08^h* Utolsó negyed.
5. 14^h* Az Uránusz 4^o2-kal északra a Holdtól.
7. 14^h* A Vénusz 2^o4-kal északra a Szaturnusztól.
10. 21^h* A Vénusz 0^o3-kal északra a Marstól.
12. 12^h* Újhold.
13. 23^h* A Merkúr 2^o5-kal északra a Holdtól.
14. 09^h* A Szaturnusz 1^o0-kal délre a Holdtól, fedés (hazánkból nem látható).
14. 20^h* A Mars 0^o7-kal északra a Holdtól, fedés (hazánkból nem látható).
15. 00^h* A Vénusz 0^o9-kal északra a Holdtól, fedés (hazánkból nem látható).
16. 14^h* A Jupiter 2^o0-kal délre a Holdtól.
19. 21^h* Első negyed.
26. 13^h* Telehold, félárnyékos holdfogyatkozás (hazánkból nem látható).
27. 09^h* A Merkúr alsó együttállásban.
31. 12^h* A Neptunusz 4^o3-kal északra a Holdtól.



A hajnali égbolt

Hold 10-ig és 26-tól, Uránusz, Neptunusz. Éta Aquaridák meteorraj.

A bolygók

Merkúr: A hónap első felében látható este a nyugati látóhatár fölött. Helyzete megfigyelésre igen kedvező. A hó elején két órával nyugszik a Nap után. 4-én van legnagyobb keleti kitérésben, 21° -ra a Naptól. A hónap közepétől láthatósága gyorsan romlik. 27-én kerül alsó együttállásba a Nappal.

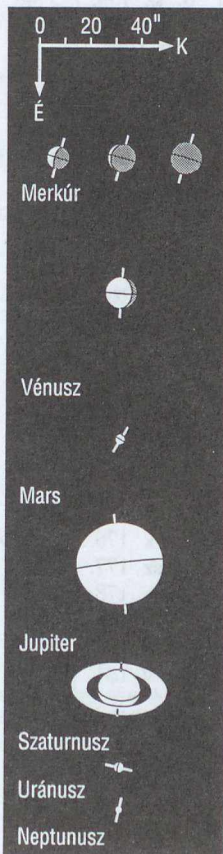
Vénusz: Este feltűnően látszik a nyugati égen. Két és fél órával nyugszik a Nap után. Fényessége -3^m9 , fázisa 0.9-ről 0.8-ra csökken.

Mars: Este látható a Bika, majd az Ikrek csillagképben. A hó elején három, a végén már csak két órával nyugszik a Nap után. Fényessége 1^m7 , átmérője $3''9$, mindkettő csökken.

Jupiter: Az esti órákban figyelhető meg az Ikrek csillagképben. Éjfél előtt nyugszik. Fényessége -2^m0 , átmérője $34''$.

Szaturnusz: A hónap első felében még megkereshető az esti szürkületben, a nyugati égbolton. A hó elején még három órával, a végén már csak fél órával nyugszik a Nap után. Fényessége 0^m1 , átmérője $17''$.

Uránusz, Neptunusz: Éjfél után kelnek. Az Uránusz a Vízöntő, a Neptunusz a Bak csillagképben látható, a hajnali égen.



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

Naptár – június

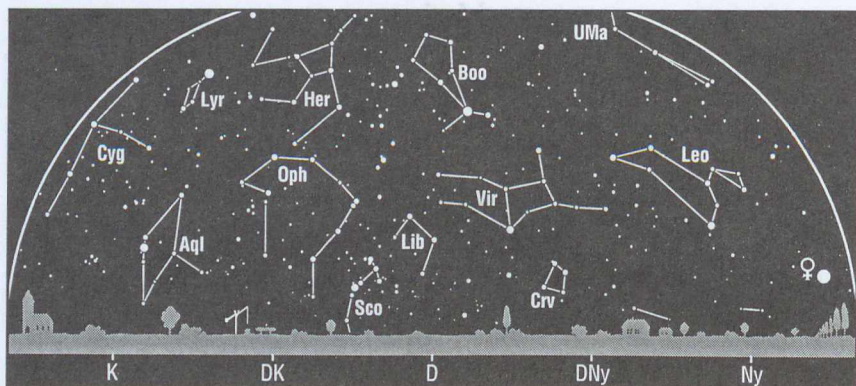
KÖZEI*

dátum	Nap			h_d °	E_t m	Hold			fázis h m
	kel, h	delel, m	nyugszik, h m			kel, h m	delel, h m	nyugszik, h m	
21. hét									
1. sz 152.	3*51	11*42	19*33	64.5	+2.3	0*07	4*42	9*24	☉
2. v 153.	3*50	11*42	19*34	64.6	+2.2	0*33	5*27	10*30	☉
22. hét									
3. h 154.	3*50	11*42	19*35	64.8	+2.0	0*55	6*10	11*35	☉ 1*05
4. k 155.	3*49	11*42	19*36	64.9	+1.8	1*14	6*51	12*39	☉
5. sz 156.	3*49	11*42	19*36	65.0	+1.7	1*32	7*32	13*43	☉
6. cs 157.	3*48	11*43	19*37	65.1	+1.5	1*49	8*12	14*47	☉
7. p 158.	3*48	11*43	19*38	65.2	+1.3	2*07	8*54	15*53	☉
8. sz 159.	3*48	11*43	19*39	65.3	+1.1	2*28	9*37	17*01	☉
9. v 160.	3*47	11*43	19*39	65.4	+0.9	2*51	10*24	18*10	☉
23. hét									
10. h 161.	3*47	11*43	19*40	65.5	+0.7	3*21	11*15	19*20	☉
11. k 162.	3*47	11*44	19*41	65.6	+0.5	3*58	12*08	20*26	☉ 0*46
12. sz 163.	3*46	11*44	19*41	65.6	+0.3	4*45	13*05	21*26	☉
13. cs 164.	3*46	11*44	19*42	65.7	+0.1	5*44	14*03	22*16	☉
14. p 165.	3*46	11*44	19*42	65.7	-0.1	6*52	15*00	22*57	☉
15. sz 166.	3*46	11*44	19*43	65.8	-0.3	8*08	15*56	23*30	☉
16. v 167.	3*46	11*45	19*43	65.8	-0.5	9*26	16*49	23*57	☉
24. hét									
17. h 168.	3*46	11*45	19*44	65.9	-0.7	10*44	17*40	—	☉
18. k 169.	3*46	11*45	19*44	65.9	-1.0	12*02	18*29	0*21	☉ 1*29
19. sz 170.	3*46	11*45	19*44	65.9	-1.2	13*20	19*19	0*42	☉
20. cs 171.	3*46	11*45	19*45	65.9	-1.4	14*38	20*09	1*04	☉
21. p 172.	3*47	11*46	19*45	65.9	-1.6	15*57	21*01	1*28	☉
22. sz 173.	3*47	11*46	19*45	65.9	-1.8	17*16	21*55	1*54	☉
23. v 174.	3*47	11*46	19*45	65.9	-2.0	18*32	22*52	2*27	☉
25. hét									
24. h 175.	3*47	11*46	19*45	65.9	-2.3	19*41	23*49	3*06	☉ 22*42
25. k 176.	3*48	11*47	19*45	65.9	-2.5	20*40	—	3*56	☉
26. sz 177.	3*48	11*47	19*45	65.9	-2.7	21*28	0*46	4*54	☉
27. cs 178.	3*49	11*47	19*45	65.8	-2.9	22*05	1*41	5*59	☉
28. p 179.	3*49	11*47	19*45	65.8	-3.1	22*34	2*32	7*06	☉
29. sz 180.	3*49	11*47	19*45	65.7	-3.3	22*58	3*20	8*14	☉
30. v 181.	3*50	11*48	19*45	65.7	-3.5	23*18	4*05	9*21	☉

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

június

nap	Julián dátum 12 ^h UT	ϑ_{gr} 0 ^h UT h m s	névnapok
1.	2 452 427	16 37 14	Tünde, <i>Jusztin</i>
2.	2 452 428	16 41 10	Kármén, Anita, <i>Anna, Anikó, Annamária, Péter</i>
3.	2 452 429	16 45 07	Klotild, <i>Károly, Tóbiás</i>
4.	2 452 430	16 49 03	Bulcsú, <i>Fatime, Ferenc, Kerény</i>
5.	2 452 431	16 53 00	Fatime, <i>Bonifác, Bónis</i>
6.	2 452 432	16 56 56	Norbert, <i>Cintia, Délia, Izolda, Norberta</i>
7.	2 452 433	17 00 53	Róbert, <i>Fülöp, Grácia</i>
8.	2 452 434	17 04 49	Medárd, <i>Medárda</i>
9.	2 452 435	17 08 46	Félix, <i>Annabella, Diána, Előd, Felicián</i>
10.	2 452 436	17 12 43	Margit, Gréta, <i>Diána, Margaréta, Ond</i>
11.	2 452 437	17 16 39	Barnabás, <i>Barabás</i>
12.	2 452 438	17 20 36	Villő, <i>János</i>
13.	2 452 439	17 24 32	Antal, Anett, <i>Anna, Anikó, Anita, Antónia</i>
14.	2 452 440	17 28 29	Vazul
15.	2 452 441	17 32 25	Jolán, Vid, <i>Izolda, Mária, Marietta</i>
16.	2 452 442	17 36 22	Jusztin, <i>Jusztina, Őzike</i>
17.	2 452 443	17 40 18	Laura, Alida, <i>Adolf, Alina, Alinda, Töhötöm</i>
18.	2 452 444	17 44 15	Arnold, Levente, <i>Doloróza</i>
19.	2 452 445	17 48 12	Gyárfás, <i>Bolivár, Zóra</i>
20.	2 452 446	17 52 08	Rafael, <i>Flóra</i>
21.	2 452 447	17 56 05	Alajos, Leila, <i>Aladár, Alóma, Lujza</i>
22.	2 452 448	18 00 01	Paulina, <i>Támás, Tullia</i>
23.	2 452 449	18 03 58	Zoltán, <i>Szidónia</i>
24.	2 452 450	18 07 54	Iván, <i>János, Józsa</i>
25.	2 452 451	18 11 51	Vilmos, <i>Ajándék, Vilma, Viola</i>
26.	2 452 452	18 15 47	János, Pál, <i>Cirill</i>
27.	2 452 453	18 19 44	László
28.	2 452 454	18 23 41	Levente, Irén, <i>Iréneusz, Irina</i>
29.	2 452 455	18 27 37	Péter, Pál
30.	2 452 456	18 31 34	Pál



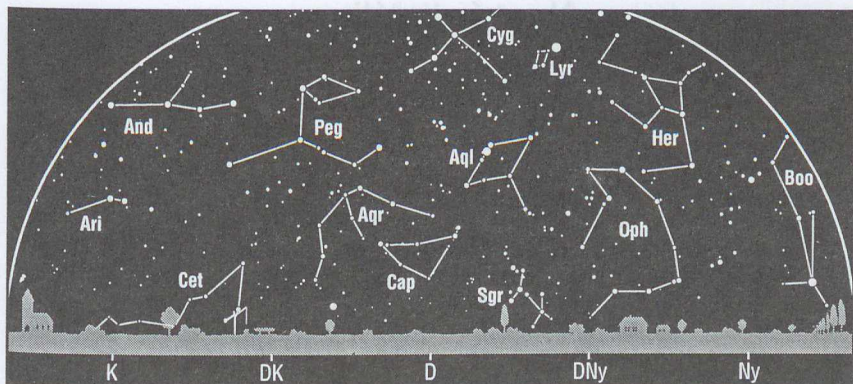
Az esti égbolt

Hold 13-tól 24-ig, Vénusz, Mars szürkületben, Jupiter szürkületben.

Kettőscsillagok: α CVn, ζ UMa, ζ Lyr, β Lyr, ϑ Ser, β Cyg. **Nyílthalmazok:** M11 (Sct). **Gömbthalmazok:** M3 (CVn), M5 (Ser), M13 (Her), M92 (Her). **Gázködök:** M16 (Ser), M57 (Gyűrűs-köd, Lyr). **Galaxisok:** M81–82 (UMa), M106 (CVn), M49 (Vir), M87 (Vir), M104 (Sombrero-galaxis, Vir), M94 (CVn), M64 (Com), M63 (CVn), M51 (Örvény-köd, CVn), M101 (UMa).

Csillagászati események

1. 23^h* Az Uránusz 4^o2-kal északra a Holdtól.
3. 01^h* Utolsó negyed.
3. 18^h* A Vénusz 1^o6-kal északra a Jupitertől.
7. 06^h* A Plútó szembenállásban.
9. 04^h* A Vénusz 4^o7-kal délre a Polluxtól.
9. 13^h* A Szaturnusz együttállásban a Nappal.
9. 15^h* A Merkúr 2^o6-kal délre a Holdtól.
10. 23^h* A Szaturnusz 1^o4-kal délre a Holdtól.
11. 01^h* Újhold, gyűrűs napfogyatkozás, Európából nem látható.
12. 13^h* A Mars 0^o9-kal délre a Holdtól, fedés (hazánkból nem látható).
13. 06^h* A Jupiter 2^o4-kal délre a Holdtól.
13. 23^h* A Vénusz 1^o5-kal délre a Holdtól.
18. 01^h* Első negyed.
21. 15^h* 24^m Nyári napforduló.
21. 17^h* A Merkúr legnagyobb nyugati kitérésben (23^o).
23. 19^h* A Merkúr 2^o4-kal északra az Aldebarantól.
24. 23^h* Telehold, félárnyékos holdfogyatkozás, hazánkból is látható.
27. 20^h* A Neptunusz 4^o2-kal északra a Holdtól.
29. 07^h* Az Uránusz 4^o2-kal északra a Holdtól.



A hajnali égbolt

Hold 9-ig és 24-től, Merkúr 6-tól, Uránusz, Neptunusz.

A bolygók

Merkúr: A hónap második felében kereshető a hajnali szürkületben, a keleti látóhatár fölött. 21-én van legnagyobb nyugati kitérésben, 23° -ra a Naptól.

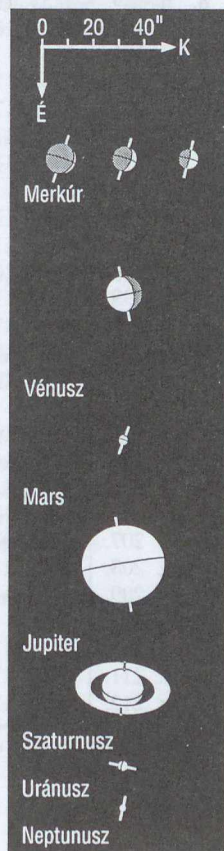
Vénusz: Este feltűnő égitestként látszik az nyugati égen. A hó végén két órával nyugszik a Nap után. Fényessége -3^m9 , fázisa a 0.8-ról 0.7-re csökken.

Mars: A hónap elején még megkereshető az esti szürkületben, ekkor két órával, a végén azonban már csak háromnegyed órával nyugszik a Nap után. Fényessége 1^m1 , átmérője $3''.7$, mindkettő csökken.

Jupiter: Napnyugta után még megkereshető a nyugati látóhatár közelében, de láthatósága gyorsan romlik. A hó elején még két és fél, a végén már csak háromnegyed órával nyugszik a Nap után. Fényessége -1^m9 , átmérője $32''$.

Szturnusz: A Nap közelsége miatt nem figyelhető meg. 9-én kerül együttállásba a Nappal.

Uránusz, Neptunusz: Késő éjjel kelnek, és az éjszaka második felében figyelhetők meg. Az Uránusz a Vízöntő, a Neptunusz a Bak csillagképben látható.



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

Naptár – július

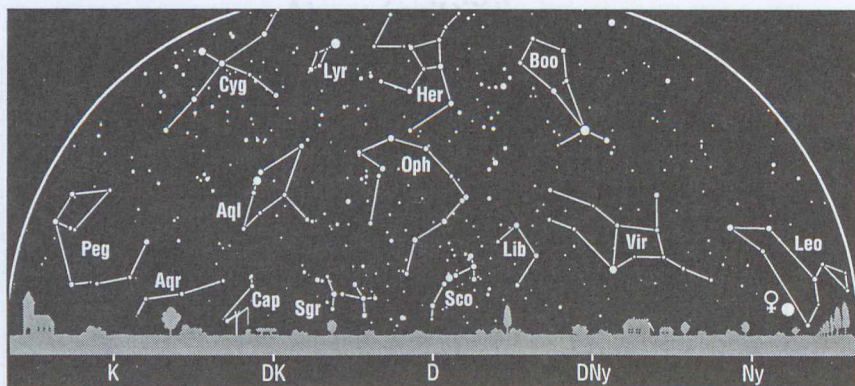
KÖZEI*

dátum	Nap			h_d °	E_t m	Hold			fázis h m
	kel, delel, nyugszik h m h m h m					kel, delel, nyugszik h m h m h m			
26. hét									
1. h 182.	3*51 11*48 19*45	65.6	-3.7	23*37 4*47 10*26	☉				
2. k 183.	3*51 11*48 19*45	65.6	-3.9	23*54 5*28 11*30	☾ 18*19				
3. sz 184.	3*52 11*48 19*44	65.5	-4.1	— 6*08 12*33	☾				
4. cs 185.	3*52 11*48 19*44	65.4	-4.3	0*12 6*48 13*38	☾				
5. p 186.	3*53 11*49 19*44	65.3	-4.4	0*31 7*31 14*44	☾				
6. sz 187.	3*54 11*49 19*43	65.2	-4.6	0*53 8*16 15*52	☾				
7. v 188.	3*55 11*49 19*43	65.1	-4.8	1*19 9*04 17*02	☾				
27. hét									
8. h 189.	3*55 11*49 19*42	65.0	-4.9	1*53 9*57 18*10	☾				
9. k 190.	3*56 11*49 19*42	64.9	-5.1	2*36 10*53 19*14	☾				
10. sz 191.	3*57 11*49 19*41	64.8	-5.3	3*31 11*52 20*09	☾ 11*26				
11. cs 192.	3*58 11*49 19*40	64.6	-5.4	4*37 12*51 20*55	☾				
12. p 193.	3*59 11*50 19*40	64.5	-5.5	5*52 13*49 21*31	☾				
13. sz 194.	4*00 11*50 19*39	64.4	-5.7	7*12 14*44 22*01	☾				
14. v 195.	4*01 11*50 19*38	64.2	-5.8	8*32 15*37 22*26	☾				
28. hét									
15. h 196.	4*02 11*50 19*37	64.1	-5.9	9*51 16*27 22*48	☾				
16. k 197.	4*03 11*50 19*37	63.9	-6.0	11*10 17*16 23*10	☾				
17. sz 198.	4*04 11*50 19*36	63.8	-6.1	12*27 18*06 23*32	☾ 5*47				
18. cs 199.	4*05 11*50 19*35	63.6	-6.2	13*45 18*56 23*57	☾				
19. p 200.	4*06 11*50 19*34	63.4	-6.2	15*02 19*49 —	☾				
20. sz 201.	4*07 11*50 19*33	63.2	-6.3	16*18 20*43 0*27	☾				
21. v 202.	4*08 11*50 19*32	63.0	-6.4	17*28 21*40 1*03	☾				
29. hét									
22. h 203.	4*09 11*50 19*31	62.9	-6.4	18*30 22*36 1*48	☾				
23. k 204.	4*10 11*50 19*30	62.6	-6.5	19*22 23*31 2*42	☾				
24. sz 205.	4*12 11*50 19*29	62.4	-6.5	20*03 — 3*44	☾ 10*07				
25. cs 206.	4*13 11*51 19*27	62.2	-6.5	20*35 0*24 4*51	☾				
26. p 207.	4*14 11*51 19*26	62.0	-6.5	21*00 1*13 5*59	☾				
27. sz 208.	4*15 11*51 19*25	61.8	-6.5	21*22 1*59 7*07	☾				
28. v 209.	4*16 11*50 19*24	61.6	-6.5	21*41 2*42 8*12	☾				
30. hét									
29. h 210.	4*18 11*50 19*23	61.3	-6.5	21*58 3*23 9*17	☾				
30. k 211.	4*19 11*50 19*21	61.1	-6.4	22*16 4*04 10*20	☾				
31. sz 212.	4*20 11*50 19*20	60.9	-6.4	22*34 4*44 11*24	☾				

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

július

nap	Julián dátum 12 ^h UT	ϑ_{gr} 0 ^h UT h m s	névnapok
1.	2 452 457	18 35 30	Tihamér, Annamária, Áron, Tibold
2.	2 452 458	18 39 27	Ottó, Ottokár
3.	2 452 459	18 43 23	Kornél, Soma, Anatol, Jácint, Napsugár
4.	2 452 460	18 47 20	Ulrik, Aliz, Babett, Berta, Elza, Erzsébet, Szabella
5.	2 452 461	18 51 16	Emese, Sarolta, Antal
6.	2 452 462	18 55 13	Csaba, Mária, Marietta, Matild, Tilda
7.	2 452 463	18 59 10	Apollónia, Cirill, Polla
8.	2 452 464	19 03 06	Ellák, Aliz, Edgár, Elza, Erzsébet, Kilián, Teréz
9.	2 452 465	19 07 03	Lukrécia, Hajna, Marina, Vera
10.	2 452 466	19 10 59	Amália, Alma
11.	2 452 467	19 14 56	Nóra, Lili, Benedek, Piusz
12.	2 452 468	19 18 52	Izabella, Dalma, János
13.	2 452 469	19 22 49	Jenő, Henrik, Petronella, Sára
14.	2 452 470	19 26 45	Örs, Stella, Kamill
15.	2 452 471	19 30 42	Henrik, Roland, Egon, Jolán
16.	2 452 472	19 34 39	Valter, Kármén
17.	2 452 473	19 38 35	Endre, Elek, András, Andrea, Benedek, Sarolta
18.	2 452 474	19 42 32	Frigyes, Hedvig, Kamill
19.	2 452 475	19 46 28	Emília, Elza, Stella, Vince
20.	2 452 476	19 50 25	Illés, Éliás, Jeromos, Margaréta, Margit, Marina
21.	2 452 477	19 54 21	Dániel, Daniella, Árvácska, Lőrinc
22.	2 452 478	19 58 18	Magdolna, Manda, Mária, Marietta
23.	2 452 479	20 02 14	Lenke, Apollónia, Brigitta, Polla
24.	2 452 480	20 06 11	Kinga, Kincső, Borisz, Csenge, Krisztina
25.	2 452 481	20 10 08	Kristóf, Jakab, Elza, Valentin, Valentina
26.	2 452 482	20 14 04	Anna, Anikó, Anett, Anita, Annamária
27.	2 452 483	20 18 01	Olga, Liliána, Lilla
28.	2 452 484	20 21 57	Szabolcs, Győző, Ince, Szeréna, Viktor
29.	2 452 485	20 25 54	Márta, Flóra, Beatrix, Virág
30.	2 452 486	20 29 50	Judit, Xénia, Péter
31.	2 452 487	20 33 47	Oszkár, Ignác



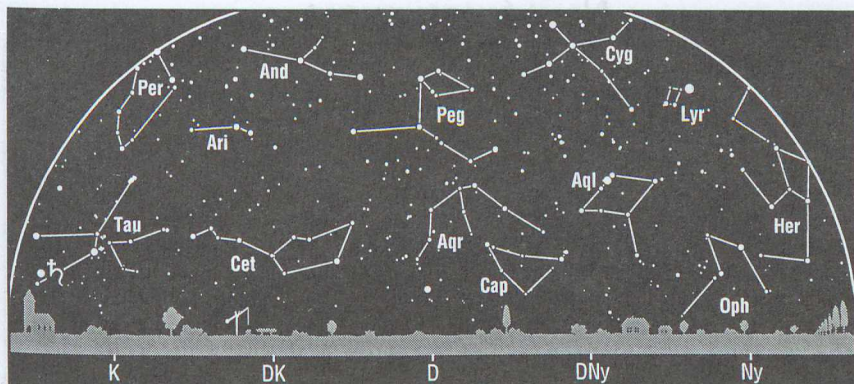
Az esti égbolt

Hold 12-től 24-ig, Vénusz, Uránusz késő este, Neptunusz késő este.

Kettőscsillagok: α CVn, ζ UMa, ζ Lyr, β Lyr, θ Ser, β Cyg, γ Del. **Nyílthalmazok:** M11 (Sct). **Gömbthalmazok:** M3 (CVn), M5 (Ser), M13 (Her), M92 (Her), M22 (Sgr). **Gázködök:** M16 (Ser), M17 (Omega-köd, Sgr), M57 (Gyűrűs-köd, Lyr), M27 (Súlyzó-köd, Vul). **Galaxisok:** M81–82 (UMa), M106 (CVn), M49 (Vir), M87 (Vir), M104 (Sombbrero-galaxis, Vir), M94 (CVn), M64 (Com), M63 (CVn), M51 (Örvény-köd, CVn), M101 (UMa).

Csillagászati események

2. 11^h* A Merkúr 0^o2-kal délre a Szaturnusztól.
2. 18^h* Utolsó negyed.
3. 05^h* A Mars 5^o6-kal délre a Polluxtól.
3. 15^h* A Mars 0^o8-kal északra a Jupitertől.
6. 04^h* A Föld naptávolban.
8. 14^h* A Szaturnusz 1^o7-kal délre a Holdtól.
9. 11^h* A Merkúr 1^o5-kal délre a Holdtól.
10. 11^h* Újhold.
10. 20^h* A Vénusz 1^o0-kal északra a Regulustól.
11. 00^h* A Jupiter 2^o9-kal délre a Holdtól.
11. 06^h* A Mars 2^o3-kal délre a Holdtól.
13. 16^h* A Vénusz 3^o6-kal délre a Holdtól.
17. 06^h* Első negyed.
20. 03^h* A Jupiter együttállásban a Nappal.
20. 18^h* A Merkúr 1^o2-kal északra a Jupitertől.
21. 04^h* A Merkúr felső együttállásban.
24. 10^h* Telehold.
25. 03^h* A Neptunusz 4^o2-kal északra a Holdtól.
25. 18^h* A Merkúr 0^o6-kal északra a Marstól.
26. 14^h* Az Uránusz 4^o0-kal északra a Holdtól.



A hajnali égbolt

Hold 8-ig és 24-től, Merkúr 13-ig, Szaturnusz szürkületben, Uránusz, Neptunusz.

A bolygók

Merkúr: A hónap első harmadában kereshető a hajnali szürkületben, a keleti látóhatár fölött. Láthatósága a hónap közepén már gyorsan romlik. 21-én kerül felső együttállásba a Nappal.

Vénusz: Este a nyugati égbolt feltűnő égitestje. A hónap elején két órával, végén másfél órával nyugszik a Nap után. Fényessége -4^m0 -ról -4^m2 -re növekszik, fázisa 0.7-ről 0.6-re csökken.

Mars: A Nap közelsége miatt nem figyelhető meg.

Jupiter: A Nap közelsége miatt nem figyelhető meg. 20-án kerül együttállásba a Nappal.

Szaturnusz: A hajnali égbolton figyelhető meg a Bika csillagképben. Láthatósága gyorsan javul, a hónap elején egy órával, a végén már három és fél órával kel a Nap előtt. Fényessége 0^m1 , átmérője $17''$.

Uránusz, Neptunusz: Késő este kelnek, és az éjszaka nagy részében megfigyelhetők. Az Uránusz a Vízöntő, a Neptunusz a Bak csillagképben jár.



$\lambda = -19^{\circ}$, $\varphi = 47^{\circ}5$

Naptár – augusztus

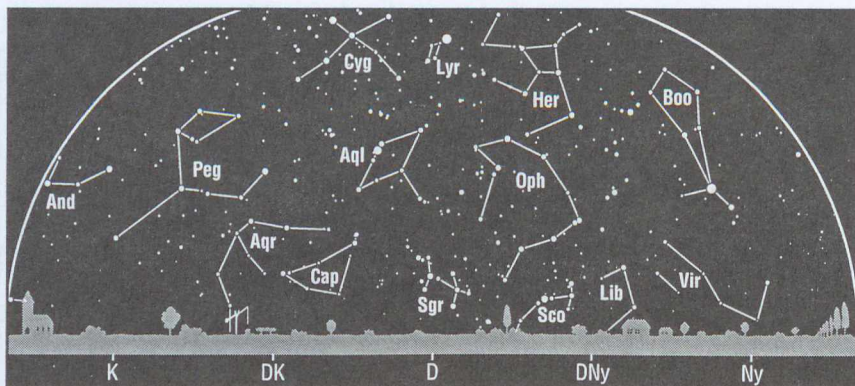
KÖZEI*

dátum	Nap			h_d °	E_t m	Hold			fázis h m
	kel h m	delel h m	nyugszik h m			kel h m	delel h m	nyugszik h m	
30. hét									
1. cs 213.	4*21	11*50	19*18	60.6	−6.3	22*54	5*25	12*29	☾ 11*22
2. p 214.	4*23	11*50	19*17	60.4	−6.3	23*18	6*08	13*36	☾
3. sz 215.	4*24	11*50	19*16	60.1	−6.2	23*48	6*54	14*44	☾
4. v 216.	4*25	11*50	19*14	59.8	−6.1	—	7*45	15*52	☾
31. hét									
5. h 217.	4*26	11*50	19*13	59.6	−6.0	0*26	8*39	16*58	☾
6. k 218.	4*28	11*50	19*11	59.3	−5.9	1*15	9*36	17*57	☾
7. sz 219.	4*29	11*50	19*10	59.0	−5.8	2*17	10*36	18*47	☾
8. cs 220.	4*30	11*50	19*08	58.8	−5.7	3*29	11*35	19*28	☾ 20*15
9. p 221.	4*32	11*50	19*07	58.4	−5.6	4*49	12*33	20*00	☾
10. sz 222.	4*33	11*49	19*05	58.2	−5.4	6*12	13*28	20*28	☾
11. v 223.	4*34	11*49	19*03	57.9	−5.3	7*34	14*21	20*51	☾
32. hét									
12. h 224.	4*36	11*49	19*02	57.6	−5.1	8*55	15*12	21*14	☾
13. k 225.	4*37	11*49	19*00	57.3	−5.0	10*15	16*02	21*36	☾
14. sz 226.	4*38	11*49	18*58	57.0	−4.8	11*35	16*53	22*01	☾
15. cs 227.	4*40	11*49	18*57	56.7	−4.6	12*53	17*45	22*29	☾ 11*12
16. p 228.	4*41	11*48	18*55	56.3	−4.4	14*09	18*39	23*03	☾
17. sz 229.	4*42	11*48	18*53	56.0	−4.2	15*21	19*35	23*44	☾
18. v 230.	4*44	11*48	18*51	55.7	−4.0	16*25	20*30	—	☾
33. hét									
19. h 231.	4*45	11*48	18*50	55.4	−3.8	17*19	21*25	0*35	☾
20. k 232.	4*46	11*47	18*48	55.1	−3.5	18*02	22*18	1*34	☾
21. sz 233.	4*48	11*47	18*46	54.7	−3.3	18*36	23*08	2*39	☾
22. cs 234.	4*49	11*47	18*44	54.4	−3.0	19*04	23*55	3*47	☾ 23*29
23. p 235.	4*50	11*47	18*42	54.1	−2.8	19*26	—	4*54	☾
24. sz 236.	4*52	11*46	18*40	53.7	−2.5	19*46	0*39	6*01	☾
25. v 237.	4*53	11*46	18*38	53.4	−2.3	20*03	1*20	7*06	☾
34. hét									
26. h 238.	4*54	11*46	18*37	53.0	−2.0	20*20	2*01	8*10	☾
27. k 239.	4*56	11*46	18*35	52.7	−1.7	20*38	2*41	9*13	☾
28. sz 240.	4*57	11*45	18*33	52.3	−1.4	20*57	3*21	10*17	☾
29. cs 241.	4*58	11*45	18*31	52.0	−1.1	21*19	4*03	11*23	☾
30. p 242.	5*00	11*45	18*29	51.6	−0.8	21*45	4*47	12*29	☾
31. sz 243.	5*01	11*44	18*27	51.3	−0.5	22*19	5*35	13*36	☾ 3*31

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

augusztus

nap	Julián dátum 12 ^h UT	ϑ_{gr} 0 ^h UT h m s	névnapok
1.	2 452 488	20 37 43	Boglárka, Péter, Szonja
2.	2 452 489	20 41 40	Lehel, Alfonz, Gusztáv, Özséb
3.	2 452 490	20 45 37	Hermina, István, Kamélia, Lídia
4.	2 452 491	20 49 33	Domonkos, Dominika, Domokos
5.	2 452 492	20 53 30	Krisztina, Afrodité, Izolda, Kriszta, Oszvald
6.	2 452 493	20 57 26	Berta, Bettina, Ulrika
7.	2 452 494	21 01 23	Ibolya, Afrodité
8.	2 452 495	21 05 19	László, Domokos, Domonkos
9.	2 452 496	21 09 16	Emőd, János, Roland
10.	2 452 497	21 13 12	Lőrinc, Bianka, Blanka, Csilla
11.	2 452 498	21 17 09	Zsuzsanna, Tiborc, Klára, Tibor
12.	2 452 499	21 21 06	Klára
13.	2 452 500	21 25 02	Ipoly, Ince, Vitália
14.	2 452 501	21 28 59	Marcell, Özséb
15.	2 452 502	21 32 55	Mária, Marietta, Napóleon
16.	2 452 503	21 36 52	Ábrahám, Cseke, Mária, Marietta, Rókus, Szeréna
17.	2 452 504	21 40 48	Jácint, Anasztáz, Arika, Hetény, Réka
18.	2 452 505	21 44 45	Ilona, Helén, Ila, Rajnald
19.	2 452 506	21 48 41	Huba, Bernát, Lajos, Marián
20.	2 452 507	21 52 38	Szent István ünnepe ; István, Stefánia, Vajk
21.	2 452 508	21 56 35	Sámuel, Hajna, Franciska, Grácia, Samu
22.	2 452 509	22 00 31	Menyhért, Mirjam, Mária, Marietta
23.	2 452 510	22 04 28	Bence, Farkas, Fülöp, Róza, Rozália, Rózsa
24.	2 452 511	22 08 24	Bertalan, Aliz, Detre, Elza, Erzsébet
25.	2 452 512	22 12 21	Lajos, Patrícia
26.	2 452 513	22 16 17	Izsó, Natália, Natása
27.	2 452 514	22 20 14	Gáspár, Cézár, Gibárt, József, Mónika
28.	2 452 515	22 24 10	Ágoston, Hermész
29.	2 452 516	22 28 07	Beatrix, Erna, János
30.	2 452 517	22 32 04	Róza, Letícia, Pázmán, Rozália, Rózsa
31.	2 452 518	22 36 00	Erika, Bella, Erik, Nimród, Rajmund, Ramónia



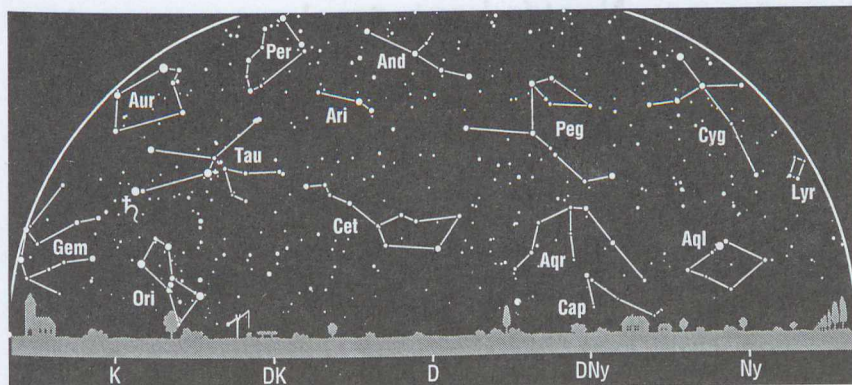
Az esti égbolt

Hold 10-től 22-ig, Merkúr szürkületben, Vénusz, Uránusz, Neptunusz. Perseidák meteororraj.

Kettőscsillagok: γ And, α CVn, ζ UMa, ζ Lyr, β Lyr, ϑ Ser, β Cyg, γ Del. *Nyílt-halmazok:* M11 (Sct). *Gömbhalmazok:* M3 (CVn), M5 (Ser), M13 (Her), M92 (Her), M22 (Sgr), M15 (Peg), M2 (Aqr). *Gázködök:* M16 (Ser), M17 (Omega-köd, Sgr), M57 (Gyűrűs-köd, Lyr), M27 (Súlyzó-köd, Vul). *Galaxisok:* M32 (And), M31 (Androméda-köd, And), M81–82 (UMa), M101 (UMa).

Csillagászati események

1. 11^h* Utolsó negyed.
2. 02^h* A Neptunusz szembenállásban.
5. 05^h* A Szaturnusz 2^o1-kal délre a Holdtól.
6. 10^h* A Merkúr 0^o8-kal északra a Regulustól.
7. 20^h* A Jupiter 3^o3-kal délre a Holdtól.
8. 20^h* Újhold.
8. 22^h* A Mars 3^o3-kal délre a Holdtól.
10. 06^h* A Merkúr 4^o1-kal délre a Holdtól.
11. 00^h* A Mars együttállásban a Nappal.
12. 04^h* A Vénusz 5^o5-kal délre a Holdtól.
15. 11^h* Első negyed.
20. 02^h* Az Uránusz szembenállásban.
21. 08^h* A Neptunusz 4^o1-kal északra a Holdtól.
22. 13^h* A Vénusz legnagyobb keleti kitérésben (46^o).
22. 18^h* Az Uránusz 4^o0-kal északra a Holdtól.
22. 23^h* Telehold.
29. 11^h* A Mars 0^o7-kal északra a Regulustól.
31. 04^h* Utolsó negyed.
31. 23^h* A Vénusz 0^o8-kal délre a Spicától.



A hajnali égbolt

Hold 6-ig és 22-től, Jupiter szürkületben, Szaturnusz, Uránusz, Neptunusz.

A bolygók

Merkúr: Az esti szürkületben kereshető, de helyzete megfigyelésre kedvezőtlen.

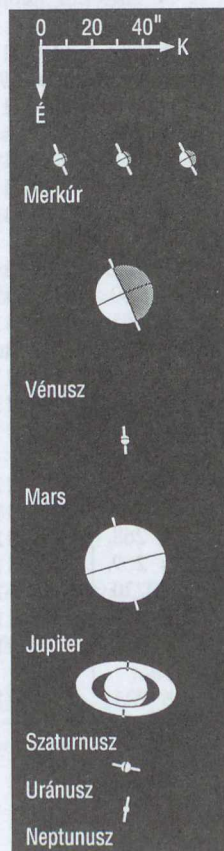
Vénusz: Jól látható az esti szürkületben, a nyugati látóhatár közelében. A hó elején másfél órával, végén egy órával nyugszik a Nap után. 22-én van legnagyobb keleti kitérésben, 46° -ra a Naptól. Fényessége -4^m2 -ről -4^m4 -re növekszik, fázisa a 0.6-ról 0.4-re csökken.

Mars: A Nap közelsége miatt nem figyelhető meg. 10-én kerül együttállásba a Nappal.

Jupiter: A hajnali égen kereshető meg a keleti látóhatár közelében, láthatósága gyorsan javul. A hó elején még csak egy órával, a végén már három órával kel a Nap előtt. Fényessége -1^m8 , átmérője $32''$.

Szaturnusz: Éjfél körül kel, az éjszaka második felében látható a Bika csillagképben. Fényessége 0^m1 , átmérője $18''$.

Uránusz, Neptunusz: Egész éjszaka megfigyelhetők. Az Uránusz a Vízöntő, majd a Bak csillagképben, a Neptunusz a Bak csillagképben jár. A Neptunusz 2-án, az Uránusz 20-án kerül szembenállásba a Nappal.



$\lambda = -19^0$, $\varphi = 47^0.5$

Naptár – szeptember

KÖZEI*

dátum	Nap			h_d °	E_t m	Hold			fázis h m
	kel, h m	delel, h m	nyugszik, h m			kel, h m	delel, h m	nyugszik, h m	
34. hét									
1. v 244.	5*02	11*44	18*25	50.9	-0.2	23*02	6*26	14*42	☉
35. hét									
2. h 245.	5*04	11*44	18*23	50.6	+0.1	23*56	7*21	15*43	☉
3. k 246.	5*05	11*43	18*21	50.2	+0.4	—	8*19	16*37	☉
4. sz 247.	5*06	11*43	18*19	49.8	+0.8	1*03	9*17	17*21	☉
5. cs 248.	5*08	11*43	18*17	49.5	+1.1	2*20	10*16	17*57	☉
6. p 249.	5*09	11*42	18*15	49.1	+1.4	3*42	11*12	18*26	☉
7. sz 250.	5*10	11*42	18*13	48.7	+1.8	5*06	12*07	18*52	☉ 4*10
8. v 251.	5*12	11*42	18*11	48.3	+2.1	6*30	13*01	19*15	☉
36. hét									
9. h 252.	5*13	11*41	18*09	48.0	+2.5	7*54	13*53	19*38	☉
10. k 253.	5*14	11*41	18*07	47.6	+2.8	9*17	14*46	20*02	☉
11. sz 254.	5*16	11*41	18*05	47.2	+3.1	10*38	15*39	20*30	☉
12. cs 255.	5*17	11*40	18*03	46.8	+3.5	11*58	16*34	21*02	☉
13. p 256.	5*18	11*40	18*01	46.4	+3.8	13*13	17*30	21*42	☉ 19*08
14. sz 257.	5*20	11*40	17*59	46.0	+4.2	14*20	18*26	22*30	☉
15. v 258.	5*21	11*39	17*57	45.7	+4.6	15*18	19*21	23*27	☉
37. hét									
16. h 259.	5*22	11*39	17*55	45.3	+4.9	16*03	20*15	—	☉
17. k 260.	5*24	11*39	17*53	44.9	+5.3	16*40	21*05	0*30	☉
18. sz 261.	5*25	11*38	17*51	44.5	+5.6	17*08	21*52	1*37	☉
19. cs 262.	5*26	11*38	17*49	44.1	+6.0	17*32	22*37	2*44	☉
20. p 263.	5*28	11*38	17*47	43.7	+6.3	17*52	23*19	3*51	☉
21. sz 264.	5*29	11*37	17*45	43.4	+6.7	18*10	23*59	4*56	☉ 14*59
22. v 265.	5*30	11*37	17*42	43.0	+7.1	18*27	—	6*01	☉
38. hét									
23. h 266.	5*32	11*36	17*40	42.6	+7.4	18*44	0*39	7*04	☉
24. k 267.	5*33	11*36	17*38	42.2	+7.8	19*02	1*20	8*08	☉
25. sz 268.	5*34	11*36	17*36	41.8	+8.1	19*22	2*01	9*13	☉
26. cs 269.	5*36	11*35	17*34	41.4	+8.5	19*46	2*44	10*19	☉
27. p 270.	5*37	11*35	17*32	41.0	+8.8	20*16	3*30	11*26	☉
28. sz 271.	5*38	11*35	17*30	40.6	+9.1	20*54	4*19	12*31	☉
29. v 272.	5*40	11*34	17*28	40.3	+9.5	21*43	5*11	13*33	☉ 18*03
39. hét									
30. h 273.	5*41	11*34	17*26	39.9	+9.8	22*43	6*06	14*28	☉

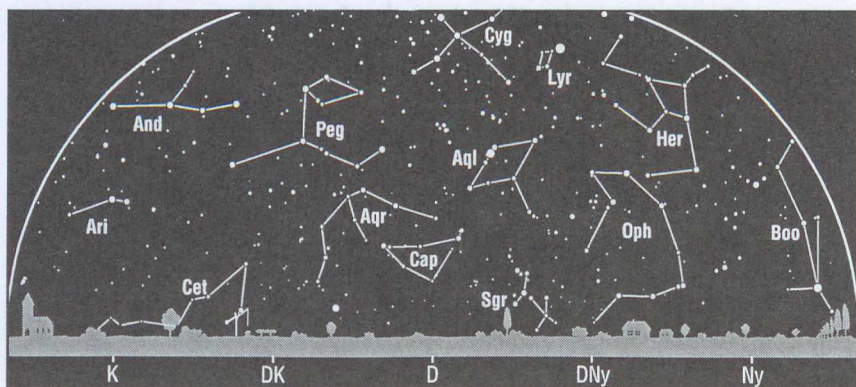
* A nyári időszámítás alatt a KÖZEI-ben megadott időpontokhoz egy órát hozzá kell adni!

szeptember

nap	Julian dátum 12 ^h UT	ϑ_{gr} 0 ^h UT h m s	névnapok
1.	2 452 519	22 39 57	Egyed, Egon, Gedeon, Igor, Tamara
2.	2 452 520	22 43 53	Rebeka, Dorina, Dóra, Dorottya, Ingrid, István
3.	2 452 521	22 47 50	Hilda, Dóra, Dorina, Dorottya, Gergely, Gergő
4.	2 452 522	22 51 46	Rozália, Ida, Róza, Rózsa
5.	2 452 523	22 55 43	Viktor, Lőrinc, Alpár
6.	2 452 524	22 59 39	Zakariás, Beáta, Ida
7.	2 452 525	23 03 36	Regina
8.	2 452 526	23 07 33	Mária, Adrienn, Adorján, Adrián, Marietta
9.	2 452 527	23 11 29	Ádám, Péter
10.	2 452 528	23 15 26	Nikolett, Hunor, Edgár, Erik, Erika, Miklós
11.	2 452 529	23 19 22	Teodóra, Jácint
12.	2 452 530	23 23 19	Mária, Gujdó, Irma, Marietta
13.	2 452 531	23 27 15	Kornél, Amáta, Ludovika, Virginia
14.	2 452 532	23 31 12	Szeréna, Roxána, Irma
15.	2 452 533	23 35 08	Enikő, Melitta, Dolóresz, Doloróza, Roland
16.	2 452 534	23 39 05	Edit, Ciprián, Edda, Eugénia, Kornél, Soma
17.	2 452 535	23 43 02	Zsófia, Ludmilla, Róbert, Upor
18.	2 452 536	23 46 58	Diána, József
19.	2 452 537	23 50 55	Vilhelmina, Konstantina, Szabolcs, Vilma
20.	2 452 538	23 54 51	Friderika, Frida
21.	2 452 539	23 58 48	Máté, Mirella, Maura
22.	2 452 540	0 02 44	Móric, Írisz, Tamás
23.	2 452 541	0 06 41	Tekla, Helén, Ila, Ilona
24.	2 452 542	0 10 37	Gellért, Mercédesz, Gerda
25.	2 452 543	0 14 34	Eufrozina, Kende, Fruzsina, Kleofás
26.	2 452 544	0 18 31	Jusztina, Kozima, Kozma
27.	2 452 545	0 22 27	Adalbert, Adolf, Demeter, Karola, Kozma, Vince
28.	2 452 546	0 26 24	Vencel
29.	2 452 547	0 30 20	Mihály, Gábor, Gábiel, Rafael
30.	2 452 548	0 34 17	Jeromos, Honória, Hunor, Őrs

6. A zsidó naptár 5763. évének kezdete napnyugtakor.

14. A bizánci naptár 7511. évének kezdete.



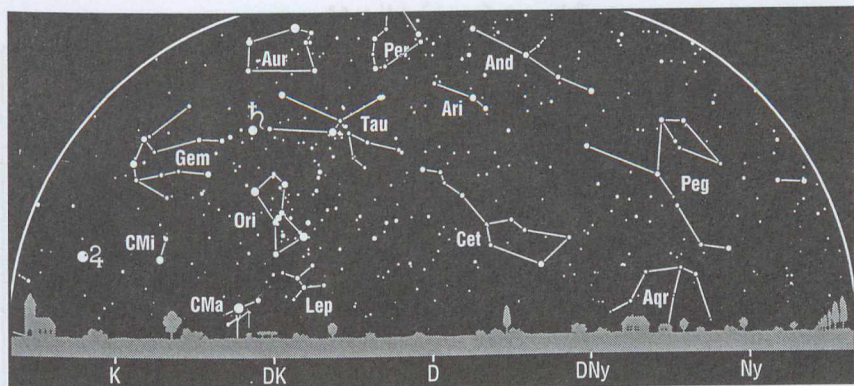
Az esti égbolt

Hold 9-től 21-ig, Merkúr 21-ig, Vénusz szürkületben, Uránusz, Neptunusz.

Kettőscsillagok: γ And, σ Ori, ζ UMa, ζ Lyr, β Lyr, ϑ Ser, β Cyg, γ Del. *Nyílthalmazok:* η és χ Per, M11 (Sct). *Gömbthalmazok:* M13 (Her), M92 (Her), M15 (Peg), M2 (Aqr). *Gázködök:* M16 (Ser), M57 (Gyűrűs-köd, Lyr), M27 (Súlyzó-köd, Vul). *Galaxisok:* M32 (And), M31 (Androméda-köd, And), M33 (Tri), M81–82 (UMa), M101 (UMa).

Csillagászati események

1. 08^h* A Merkúr legnagyobb keleti kitérésben (27°).
1. 19^h* A Szaturnusz 2°5'-kal délre a Holdtól.
4. 16^h* A Jupiter 3°7'-kal délre a Holdtól.
6. 14^h* A Mars 3°8'-kal délre a Holdtól.
7. 04^h* Újhold.
13. 19^h* Első negyed.
17. 13^h* A Neptunusz 4°3'-kal északra a Holdtól.
18. 22^h* Az Uránusz 4°1'-kal északra a Holdtól.
21. 15^h* Telehold.
23. 06^h*55^m Őszi napéjegyenlőség.
27. 21^h* A Merkúr alsó együttállásban.
29. 05^h* A Szaturnusz 2°9'-kal délre a Holdtól.
29. 18^h* Utolsó negyed.



A hajnali égbolt

Hold 5-ig és 21-től, Mars szürkületben, Jupiter, Szaturnusz, Uránusz kora hajnalig, Neptunusz kora hajnalig.

A bolygók

Merkúr: 1-jén van legnagyobb keleti kitérésben, 27° -ra a Nap-tól. A hónap első hetében még kereshető az esti szürkületben, de helyzete megfigyelésre kedvezőtlen. 27-én már alsó együttállásban van a Nappal.

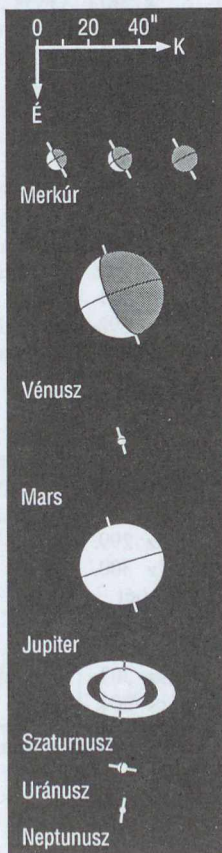
Vénusz: Még látható az esti szürkületben, a nyugati látóhatár közelében. A hó elején egy, a végén már csak fél órával nyugszik a Nap után. 26-án éri el legnagyobb fényességét. Fényessége -4^m4 -ről -4^m6 -ra növekszik, fázisa 0.6-ról 0.4-re csökken.

Mars: A hónap második felében már megfigyelhető a hajnali szürkületben. Az Oroszlán csillagképben halad. A hó végén másfél órával kel a Nap előtt. Fényessége 1^m8 , átmérője $3''.6$.

Jupiter: Éjfél után kel. A hajnali égen látható a Rák csillagképben. Fényessége -1^m9 , átmérője $33''$.

Szaturnusz: Éjfél előtt kel, az éjszaka második felében látható a Bika, majd az Orion csillagképben. Fényessége 0^m0 , átmérője $18''$.

Uránusz, Neptunusz: Az éjszaka nagy részében megfigyelhetők a Bak csillagképben. A hajnali órákban nyugszanak.



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

Naptár – október

KÖZEI*

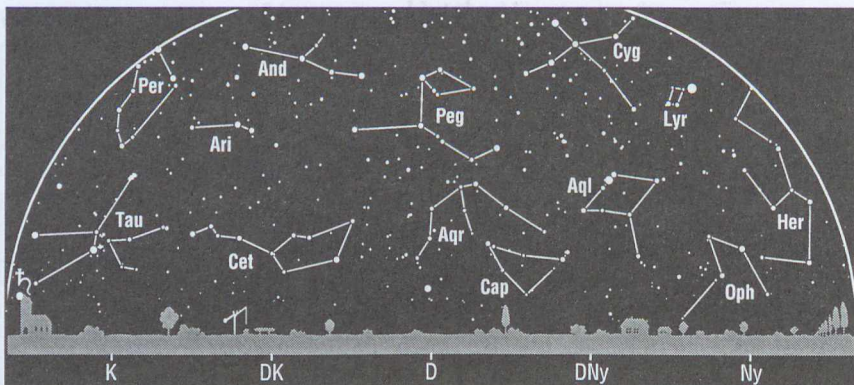
dátum	Nap			h_d °	E_t m	Hold			fázis h m
	kel, delel, nyugszik h m h m h m					kel, delel, nyugszik h m h m h m			
39. hét									
1. k 274.	5*42 11*34 17*24	39.5	+10.1	23*53 7*03 15*15	●				
2. sz 275.	5*44 11*33 17*22	39.1	+10.5	— 8*00 15*53	●				
3. cs 276.	5*45 11*33 17*20	38.7	+10.8	1*11 8*56 16*24	●				
4. p 277.	5*47 11*33 17*18	38.3	+11.1	2*34 9*51 16*51	●				
5. sz 278.	5*48 11*32 17*16	37.9	+11.4	3*58 10*44 17*15	●				
6. v 279.	5*49 11*32 17*14	37.5	+11.7	5*22 11*37 17*38	●	12*17			
40. hét									
7. h 280.	5*51 11*32 17*12	37.2	+12.0	6*47 12*31 18*01	●				
8. k 281.	5*52 11*32 17*10	36.8	+12.3	8*12 13*25 18*27	●				
9. sz 282.	5*54 11*31 17*08	36.4	+12.5	9*36 14*22 18*58	●				
10. cs 283.	5*55 11*31 17*06	36.0	+12.8	10*57 15*19 19*36	●				
11. p 284.	5*56 11*31 17*04	35.6	+13.1	12*10 16*18 20*22	●				
12. sz 285.	5*58 11*31 17*02	35.3	+13.3	13*13 17*15 21*18	●				
13. v 286.	5*59 11*30 17*01	34.9	+13.6	14*04 18*10 22*21	●	6*33			
41. hét									
14. h 287.	6*01 11*30 16*59	34.5	+13.8	14*43 19*02 23*27	○				
15. k 288.	6*02 11*30 16*57	34.1	+14.1	15*14 19*51 —	○				
16. sz 289.	6*04 11*30 16*55	33.8	+14.3	15*38 20*36 0*35	○				
17. cs 290.	6*05 11*29 16*53	33.4	+14.5	15*59 21*18 1*42	○				
18. p 291.	6*07 11*29 16*51	33.0	+14.7	16*17 21*59 2*48	○				
19. sz 292.	6*08 11*29 16*49	32.7	+14.9	16*34 22*39 3*52	○				
20. v 293.	6*09 11*29 16*48	32.3	+15.1	16*50 23*19 4*56	○				
42. hét									
21. h 294.	6*11 11*29 16*46	31.9	+15.3	17*08 — 6*00	○	8*20			
22. k 295.	6*12 11*29 16*44	31.6	+15.4	17*27 0*00 7*05	○				
23. sz 296.	6*14 11*28 16*42	31.3	+15.6	17*50 0*42 8*11	○				
24. cs 297.	6*15 11*28 16*40	30.9	+15.7	18*17 1*27 9*18	○				
25. p 298.	6*17 11*28 16*39	30.6	+15.8	18*52 2*15 10*24	○				
26. sz 299.	6*18 11*28 16*37	30.2	+16.0	19*36 3*06 11*27	○				
27. v 300.	6 20 11 28 16 35	29.9	+16.1	20 31 4 00 12 24	○				
43. hét									
28. h 301.	6 21 11 28 16 34	29.5	+16.2	21 36 4 54 13 12	○				
29. k 302.	6 23 11 28 16 32	29.2	+16.2	22 49 5 50 13 52	○	6 28			
30. sz 303.	6 24 11 28 16 30	28.9	+16.3	— 6 44 14 25	○				
31. cs 304.	6 26 11 28 16 29	28.5	+16.4	0 07 7 38 14 52	○				

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

október

nap	Julián dátum 12 ^h UT	ϑ_{gr} 0 ^h UT h m s	névnapok
1.	2 452 549	0 38 13	Malvin, <i>Teréz</i>
2.	2 452 550	0 42 10	Petra, <i>Örs</i>
3.	2 452 551	0 46 06	Helga, <i>Teréz</i>
4.	2 452 552	0 50 03	Ferenc, <i>Edvin, Fanni, Zóra</i>
5.	2 452 553	0 54 00	Aurél
6.	2 452 554	0 57 56	Brúnó, Renáta, <i>Renátó</i>
7.	2 452 555	1 01 53	Amália
8.	2 452 556	1 05 49	Koppány, <i>Bettina, Etel, Etelka, Mária, Marietta</i>
9.	2 452 557	1 09 46	Dénes, <i>Andor, András, Andrea, Endre</i>
10.	2 452 558	1 13 42	Gedeon, <i>Ferenc, Samu, Sámuel</i>
11.	2 452 559	1 17 39	Brigitta, <i>Hont</i>
12.	2 452 560	1 21 35	Miksa, <i>Edvin, Milda, Rezső, Szeráf, Szerafina</i>
13.	2 452 561	1 25 32	Kálmán, Ede, <i>Edvárd</i>
14.	2 452 562	1 29 29	Helén, <i>Beatrix, Celesztia, Ila, Ilona</i>
15.	2 452 563	1 33 25	Teréz, <i>Auróra, Telma</i>
16.	2 452 564	1 37 22	Gál, <i>Hedvig, Margaréta, Margit</i>
17.	2 452 565	1 41 18	Hedvig, <i>Ignác, Margaréta, Margit</i>
18.	2 452 566	1 45 15	Lukács
19.	2 452 567	1 49 11	Nándor, <i>Frida, Friderika, Izsák, Pál, Péter</i>
20.	2 452 568	1 53 08	Vendel, <i>Cintia, Délia, Irén, Irina, Vítális</i>
21.	2 452 569	1 57 04	Orsolya, <i>Celina, Zsolt</i>
22.	2 452 570	2 01 01	Előd, <i>Kordélia, Korinna</i>
23.	2 452 571	2 04 58	Nemzeti ünnep; Gyöngyi, <i>Ignác</i>
24.	2 452 572	2 08 54	Salamon, <i>Mária, Marietta, Rafael</i>
25.	2 452 573	2 12 51	Blanka, <i>Bianka, Dália, Kadosa, Mór</i>
26.	2 452 574	2 16 47	Dömötör
27.	2 452 575	2 20 44	Szabina
28.	2 452 576	2 24 40	Simon, Szimonetta
29.	2 452 577	2 28 37	Nárcisz, <i>Melinda</i>
30.	2 452 578	2 32 33	Alfonz, <i>Kolos, Stefánia, Zenóbia</i>
31.	2 452 579	2 36 30	Farkas

27. A nyári időszámítás vége 3^h NYISZ-kor.



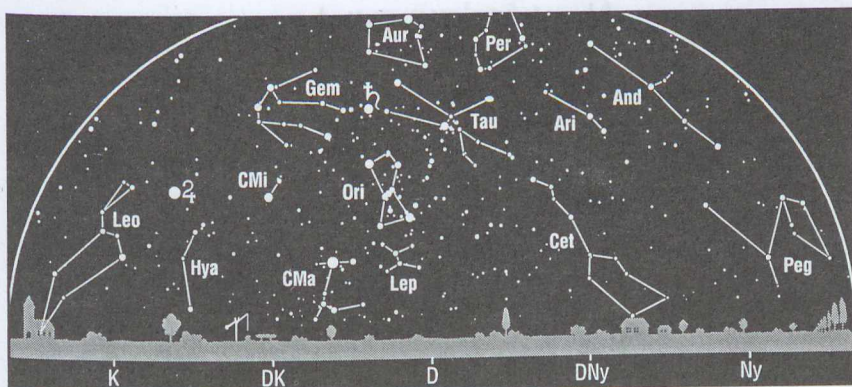
Az esti égbolt

Hold 8-tól 21-ig, Szaturnusz késő este, Uránusz, Neptunusz. Tauridák meteorraj.

Kétfőscsillagok: γ And, ζ Lyr, β Lyr, ϑ Ser, β Cyg, γ Del. *Nyílthalmazok:* η és χ Per, M45 (Plejádok, Tau), M38 (Aur), M36 (Aur), M37 (Aur). *Gömbthalmazok:* M15 (Peg), M2 (Aqr). *Gázködök:* M57 (Gyűrűs-köd, Lyr), M27 (Súlyzó-köd, Vul). *Galaxisok:* M32 (And), M31 (Androméda-köd, And), M33 (Tri).

Csillagászati események

2. 11^h* A Jupiter 4^o0-kal délre a Holdtól.
5. 06^h* A Mars 3^o8-kal délre a Holdtól.
5. 15^h* A Merkúr 4^o9-kal délre a Holdtól.
6. 12^h* Újhold.
13. 07^h* Első negyed.
13. 13^h* A Merkúr legnagyobb nyugati kitérésben (18^o).
14. 18^h* A Neptunusz 4^o5-kal északra a Holdtól.
16. 03^h* Az Uránusz 4^o2-kal északra a Holdtól.
21. 08^h* Telehold.
26. 10^h* A Szaturnusz 3^o0-kal délre a Holdtól.
28. 08^h* A Merkúr 3^o7-kal északra a Spicától.
29. 06^h* Utolsó negyed.
30. 02^h* A Jupiter 4^o3-kal délre a Holdtól.
31. 14^h* A Vénusz alsó együttállásban.



A hajnali égbolt

Hold 4-ig és 21-től, Merkúr 5-től, Mars, Jupiter, Szaturnusz.

A bolygók

Merkúr: A hónap második hetétől látható napkelte előtt a keleti látóhatár közelében. Ebben az időszakban megfigyelésre igen kedvező a helyzete. 13-án van legnagyobb nyugati kitérésben, 18° -ra a Naptól.

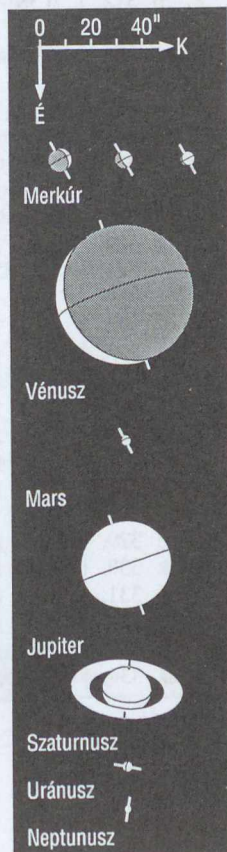
Vénusz: Helyzete megfigyelésre nem kedvező. 31-én kerül alsó együttállásba a Nappal.

Mars: A hajnali égen látható a Szűz csillagképben. A hó elején másfél, a végén két és fél órával kel a Nap előtt. Fényessége 1^m8 , átmérője $3''6$.

Jupiter: Éjfél körül kel. Az éjszaka második felében látható a Rák csillagképben. Fényessége -2^m0 , átmérője $35''$.

Szaturnusz: Késő este kel, csaknem egész éjszaka látható az Orion csillagképben. Fényessége -0^m1 , átmérője $19''$.

Uránusz, Neptunusz: Az éjszaka első felében figyelhetők meg a Bak csillagképben. Éjfél körül nyugszanak.



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

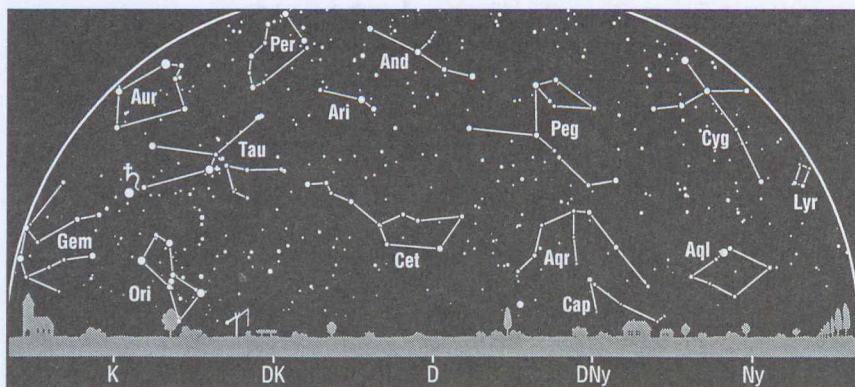
Naptár – november

KÖZEI

dátum	Nap				h_d °	E_t m	Hold			fázis h m
	kel	delel	nyugszik				kel	delel	nyugszik	
	h m	h m	h m				h m	h m	h m	
43. hét										
1. p 305.	6 27	11 28	16 27	28.2	+16.4		1 28	8 30	15 15	☉
2. sz 306.	6 29	11 28	16 26	27.9	+16.4		2 50	9 21	15 38	☉
3. v 307.	6 30	11 28	16 24	27.6	+16.4		4 13	10 14	16 00	☉
44. hét										
4. h 308.	6 32	11 28	16 23	27.3	+16.4		5 38	11 07	16 24	☉ 21 34
5. k 309.	6 33	11 28	16 21	26.9	+16.4		7 03	12 03	16 52	☉
6. sz 310.	6 35	11 28	16 20	26.7	+16.4		8 28	13 02	17 27	☉
7. cs 311.	6 36	11 28	16 18	26.4	+16.3		9 49	14 02	18 10	☉
8. p 312.	6 38	11 28	16 17	26.1	+16.3		11 00	15 02	19 03	☉
9. sz 313.	6 39	11 28	16 16	25.8	+16.2		11 58	16 00	20 06	☉
10. v 314.	6 41	11 28	16 14	25.5	+16.1		12 43	16 55	21 13	☉
45. hét										
11. h 315.	6 42	11 28	16 13	25.2	+16.0		13 17	17 46	22 23	☉ 21 52
12. k 316.	6 44	11 28	16 12	24.9	+15.9		13 44	18 33	23 31	☉
13. sz 317.	6 45	11 28	16 11	24.6	+15.8		14 05	19 17	—	☉
14. cs 318.	6 47	11 28	16 09	24.4	+15.7		14 24	19 58	0 38	☉
15. p 319.	6 48	11 29	16 08	24.1	+15.5		14 41	20 38	1 42	☉
16. sz 320.	6 50	11 29	16 07	23.9	+15.3		14 57	21 18	2 46	☉
17. v 321.	6 51	11 29	16 06	23.6	+15.1		15 14	21 58	3 50	☉
46. hét										
18. h 322.	6 53	11 29	16 05	23.4	+15.0		15 33	22 40	4 55	☉
19. k 323.	6 54	11 29	16 04	23.1	+14.7		15 54	23 25	6 01	☉
20. sz 324.	6 56	11 30	16 03	22.9	+14.5		16 20	—	7 08	☉ 2 34
21. cs 325.	6 57	11 30	16 02	22.7	+14.3		16 53	0 12	8 16	☉
22. p 326.	6 58	11 30	16 01	22.5	+14.0		17 34	1 03	9 21	☉
23. sz 327.	7 00	11 30	16 00	22.3	+13.8		18 25	1 56	10 20	☉
24. v 328.	7 01	11 31	16 00	22.1	+13.5		19 27	2 50	11 12	☉
47. hét										
25. h 329.	7 03	11 31	15 59	21.8	+13.2		20 37	3 45	11 54	☉
26. k 330.	7 04	11 31	15 58	21.6	+12.9		21 52	4 39	12 28	☉
27. sz 331.	7 05	11 32	15 57	21.4	+12.6		23 10	5 31	12 55	☉ 16 46
28. cs 332.	7 07	11 32	15 57	21.3	+12.3		—	6 22	13 19	☉
29. p 333.	7 08	11 32	15 56	21.1	+11.9		0 28	7 12	13 41	☉
30. sz 334.	7 09	11 33	15 56	20.9	+11.6		1 47	8 02	14 02	☉

november

nap	Julián dátum 12 ^h UT	ϑ_{gr} 0 ^h UT h m s	névnapok
1.	2 452 580	2 40 27	Mindenszentek , Marianna, <i>Igor</i>
2.	2 452 581	2 44 23	Achilles
3.	2 452 582	2 48 20	Győző, <i>Ida, Ilka, Szilvia</i>
4.	2 452 583	2 52 16	Károly, <i>Karola</i>
5.	2 452 584	2 56 13	Imre, <i>Tétény</i>
6.	2 452 585	3 00 09	Lénárd, <i>Krisztina</i>
7.	2 452 586	3 04 06	Rezső, <i>Csenger</i>
8.	2 452 587	3 08 02	Zsombor, <i>Gotfrid, Kolos, Mihály</i>
9.	2 452 588	3 11 59	Tivadar
10.	2 452 589	3 15 56	Réka, <i>Andor, András, Andrea, Endre, Leona</i>
11.	2 452 590	3 19 52	Márton
12.	2 452 591	3 23 49	Jónás, Renátó, <i>Aba, Krisztián, Kunó, Márton</i>
13.	2 452 592	3 27 45	Szilvia, <i>Márton, Megyer, Szaniszló</i>
14.	2 452 593	3 31 42	Aliz, <i>Elza, Erzsébet, Huba, Jozefina, Józsa</i>
15.	2 452 594	3 35 38	Albert, Lipót, <i>Albertina, Artúr</i>
16.	2 452 595	3 39 35	Ödön, <i>Edmond</i>
17.	2 452 596	3 43 31	Hortenzia, Gergő, <i>Gergely, Gerő, Gertrúd</i>
18.	2 452 597	3 47 28	Jenő, <i>Ödön, Pál, Péter</i>
19.	2 452 598	3 51 25	Erzsébet, <i>Aliz</i>
20.	2 452 599	3 55 21	Jolán, <i>Bódog, Bulcsú, Félix, Zsolt</i>
21.	2 452 600	3 59 18	Olivér
22.	2 452 601	4 03 14	Cecília
23.	2 452 602	4 07 11	Kelemen, Klementina, <i>Kenese</i>
24.	2 452 603	4 11 07	Emma, <i>Flóra, János</i>
25.	2 452 604	4 15 04	Katalin, <i>Alán, Aliz, Erzsébet, Kitti</i>
26.	2 452 605	4 19 00	Virág, <i>Konrád, Milos, Szilveszter</i>
27.	2 452 606	4 22 57	Virgil, <i>Virgília</i>
28.	2 452 607	4 26 54	Stefánia
29.	2 452 608	4 30 50	Taksony, <i>Ilma</i>
30.	2 452 609	4 34 47	András, Andor, <i>Andrea, Endre, Tarján</i>



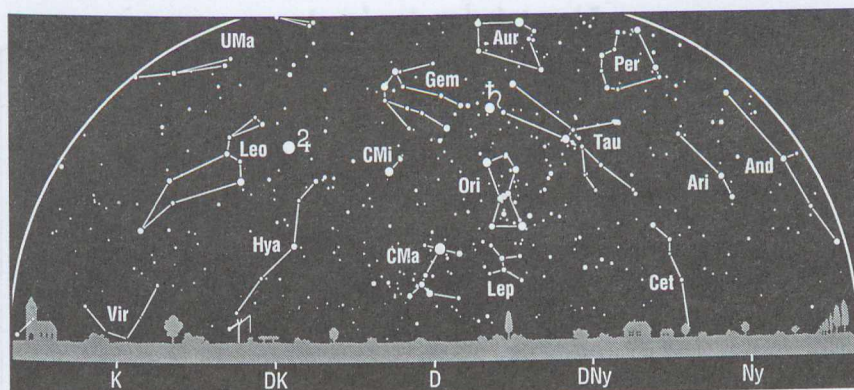
Az esti égbolt

Hold 6-tól 20-ig, Szaturnusz késő este, Uránusz, Neptunusz. Tauridák meteorraj.

Kettőscsillagok: γ And, ζ Lyr, β Lyr, β Cyg, γ Del. *Nyúlthalmazok:* h és χ Per, M45 (Plejádok, Tau), M38 (Aur), M36 (Aur), M37 (Aur). *Gömbhalmazok:* M15 (Peg), M2 (Aqr). *Gázködök:* M1 (Rák-köd, Tau), M57 (Gyűrűs-köd, Lyr), M27 (Súlyzó-köd, Vul). *Galaxisok:* M32 (And), M31 (Androméda-köd, And), M33 (Tri), M77 (Cet).

Csillagászati események

- 2. 22^h A Mars 3^o3-kal délre a Holdtól.
- 4. 09^h A Merkúr 5^o8-kal északra a Vénusztól.
- 4. 12^h A Merkúr 1^o9-kal délre a Holdtól.
- 4. 22^h Újhold.
- 11. 02^h A Neptunusz 4^o6-kal északra a Holdtól.
- 11. 22^h Első negyed.
- 12. 09^h Az Uránusz 4^o4-kal északra a Holdtól.
- 14. 07^h A Merkúr felső együttállásban.
- 20. 03^h Telehold, félárnyékos holdfogyatkozás, hazánkból is látható.
- 22. 03^h A Mars 3^o0-kal északra a Spicától.
- 22. 14^h A Szaturnusz 3^o0-kal délre a Holdtól.
- 25. 20^h A Merkúr 3^o3-kal északra az Antarestől.
- 26. 11^h A Jupiter 4^o3-kal délre a Holdtól.
- 27. 17^h Utolsó negyed.



A hajnali égbolt

Hold 2-ig és 20-tól, Vénusz, Mars, Jupiter, Szaturnusz.

A bolygók

Merkúr: A hónap folyamán helyzete megfigyelésre alkalmatlan. 14-én kerül felső együttállásba a Nappal.

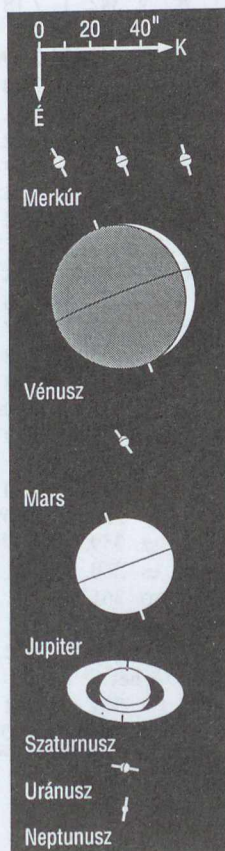
Vénusz: A hónap második hetétől látható napkelte előtt a keleti látóhatár közelében. Megfigyelhetősége gyorsan javul. A hónap végén már három és fél órával kel a Nap előtt. Fényessége $-4^m.2$ -ről $-4^m.6$ -ra növekszik, fázisa gyorsan nő, a hő végén 0.2.

Mars: 4^h előtt kel, és a hajnali égen látható a Szűz csillagképben. Fényessége $1^m.8$, átmérője $3''.9$.

Jupiter: Késő éjszaka kel. Az éjszaka második felében látható a Rák, majd az Oroszlán csillagképben. Fényessége $-2^m.2$, átmérője $39''$.

Szaturnusz: Az esti órákban kel, és csaknem egész éjszaka látható az Orion, majd a Bika csillagképben. Fényessége $-0^m.3$, átmérője $20''$.

Uránusz, Neptunusz: Az esti órákban figyelhetők meg a Bak csillagképben. Késő éjszaka nyugszanak.



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

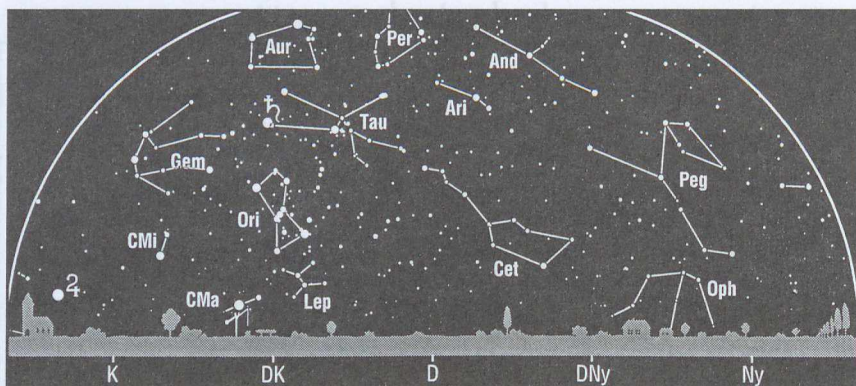
Naptár – december

KÖZEI

dátum	Nap			h_d °	E_t m	Hold			fázis h m
	kel, h m	delel, h m	nyugszik, h m			kel, h m	delel, h m	nyugszik, h m	
47. hét									
1. v 335.	7 10	11 33	15 55	20.8	+11.2	3 08	8 53	14 24	●
48. hét									
2. h 336.	7 12	11 33	15 55	20.6	+10.8	4 31	9 46	14 49	●
3. k 337.	7 13	11 34	15 54	20.5	+10.4	5 55	10 42	15 19	●
4. sz 338.	7 14	11 34	15 54	20.3	+10.1	7 19	11 41	15 58	● 8 34
5. cs 339.	7 15	11 35	15 54	20.2	+9.6	8 36	12 43	16 46	●
6. p 340.	7 16	11 35	15 53	20.1	+9.2	9 42	13 43	17 45	●
7. sz 341.	7 17	11 35	15 53	19.9	+8.8	10 35	14 42	18 53	●
8. v 342.	7 18	11 36	15 53	19.8	+8.4	11 15	15 36	20 04	●
49. hét									
9. h 343.	7 19	11 36	15 53	19.7	+7.9	11 46	16 26	21 15	●
10. k 344.	7 20	11 37	15 53	19.6	+7.5	12 10	17 12	22 24	●
11. sz 345.	7 21	11 37	15 53	19.6	+7.0	12 30	17 54	23 30	● 16 49
12. cs 346.	7 22	11 38	15 53	19.5	+6.6	12 47	18 35	—	●
13. p 347.	7 23	11 38	15 53	19.4	+6.1	13 04	19 15	0 34	●
14. sz 348.	7 24	11 39	15 53	19.3	+5.6	13 20	19 55	1 38	●
15. v 349.	7 25	11 39	15 53	19.3	+5.2	13 38	20 36	2 43	○
50. hét									
16. h 350.	7 26	11 40	15 53	19.2	+4.7	13 58	21 20	3 48	○
17. k 351.	7 26	11 40	15 54	19.2	+4.2	14 22	22 06	4 55	○
18. sz 352.	7 27	11 41	15 54	19.1	+3.7	14 52	22 56	6 03	○
19. cs 353.	7 28	11 41	15 54	19.1	+3.2	15 30	23 49	7 10	○ 20 10
20. p 354.	7 28	11 42	15 55	19.1	+2.7	16 19	—	8 13	○
21. sz 355.	7 29	11 42	15 55	19.1	+2.2	17 19	0 44	9 08	○
22. v 356.	7 29	11 42	15 56	19.1	+1.7	18 28	1 40	9 54	○
51. hét									
23. h 357.	7 30	11 43	15 56	19.1	+1.2	19 42	2 35	10 30	○
24. k 358.	7 30	11 43	15 57	19.1	+0.7	20 59	3 29	11 00	○
25. sz 359.	7 31	11 44	15 57	19.1	+0.2	22 16	4 20	11 25	○
26. cs 360.	7 31	11 44	15 58	19.1	-0.2	23 34	5 09	11 46	○
27. p 361.	7 31	11 45	15 59	19.2	-0.7	—	5 57	12 07	● 1 31
28. sz 362.	7 31	11 45	16 00	19.2	-1.2	0 51	6 46	12 27	●
29. v 363.	7 32	11 46	16 00	19.3	-1.7	2 11	7 36	12 50	●
52. hét									
30. h 364.	7 32	11 46	16 01	19.3	-2.2	3 31	8 29	13 17	●
31. k 365.	7 32	11 47	16 02	19.4	-2.7	4 53	9 26	13 50	●

december

nap	Julián dátum 12 ^h UT	ϑ_{gr} 0 ^h UT h m s	névnapok
1.	2 452 610	4 38 43	Elza, Aliz, Bianka, Blanka, Erzsébet, Natália
2.	2 452 611	4 42 40	Melinda, Vivien, Aurélia, Bibánia, Vivánia
3.	2 452 612	4 46 36	Ferenc, Olívia, Atália, Xavér
4.	2 452 613	4 50 33	Borbála, Barbarà, Bettina, Boriska, Boróka
5.	2 452 614	4 54 29	Vilma, Csaba, Sebő, Sebestyén
6.	2 452 615	4 58 26	Miklós
7.	2 452 616	5 02 23	Ambrus, Kenéz
8.	2 452 617	5 06 19	Mária, Emőke, Marietta
9.	2 452 618	5 10 16	Natália, György, Györgyi, Natása, Péter
10.	2 452 619	5 14 12	Judit, Loretta
11.	2 452 620	5 18 09	Árpád, Szabin
12.	2 452 621	5 22 05	Gabriella, Bulcsú, Otília
13.	2 452 622	5 26 02	Luca, Otília, Éda, Lúcia
14.	2 452 623	5 29 58	Szilárda, Bertold
15.	2 452 624	5 33 55	Valér, Detre
16.	2 452 625	5 37 52	Etelka, Aletta, Albina, Etel, Tihamér
17.	2 452 626	5 41 48	Lázár, Olimpia, Belizár
18.	2 452 627	5 45 45	Augusztá, Zajzon
19.	2 452 628	5 49 41	Viola, Orbán, Oros
20.	2 452 629	5 53 38	Teofil, Apor
21.	2 452 630	5 57 34	Tamás, Bodomér, Izidor, Péter
22.	2 452 631	6 01 31	Zénó
23.	2 452 632	6 05 27	Viktória, Niké
24.	2 452 633	6 09 24	Ádám, Éva, Ada, Adél, Iringó, Noé
25.	2 452 634	6 13 21	Karácsony; Eugénia, Botond
26.	2 452 635	6 17 17	Karácsony; István, Előd
27.	2 452 636	6 21 14	János, Fabiola, Teodor
28.	2 452 637	6 25 10	Kamilla
29.	2 452 638	6 29 07	Tamás, Tamara, Dávid
30.	2 452 639	6 33 03	Dávid, Hunor
31.	2 452 640	6 37 00	Szilveszter, Ajándék, Donáta, Márió, Melánia



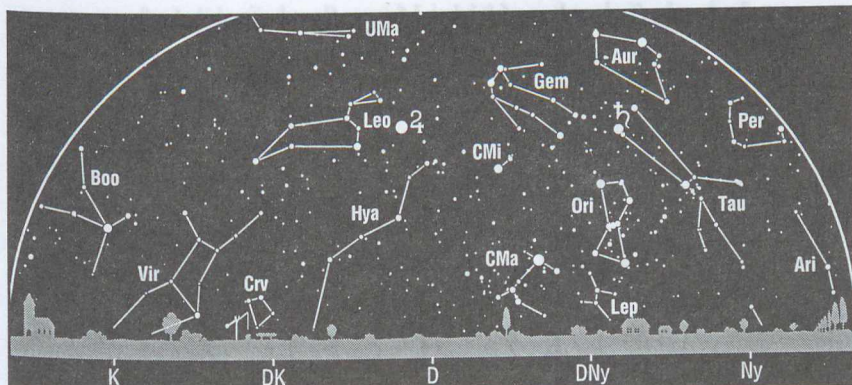
Az esti égbolt

Hold 6-tól 19-ig, Merkúr, Mars, Jupiter késő este, Szaturnusz, Uránusz, Neptunusz. Geminidák meteorraj.

Kettőscsillagok: γ And, σ Ori. *Nylthalmazok:* η és χ Per, M45 (Plejádok, Tau), M38 (Aur), M36 (Aur), M37 (Aur), M35 (Gem). *Gömbthalmazok:* M15 (Peg), M79 (Lep). *Gázködök:* M1 (Rák-köd, Tau), M42–43 (Orion-köd, Ori). *Galaxisok:* M32 (And), M31 (Androméda-köd, And), M33 (Tri), M77 (Cet), M81–82 (UMa).

Csillagászati események

1. 13^h A Mars 2^o3-kal délre a Holdtól.
1. 16^h A Vénusz 1^o8-kal délre a Holdtól.
4. 09^h Újhold, teljes napfogyatkozás, Európából nem látható.
5. 06^h A Merkúr 0^o7-kal délre a Holdtól, fedés (hazánkból nem látható).
8. 12^h A Neptunusz 4^o6-kal északra a Holdtól.
9. 18^h A Plútó együttállásban a Nappal.
9. 19^h Az Uránusz 4^o4-kal északra a Holdtól.
11. 17^h Első negyed.
17. 19^h A Szaturnusz szembenállásban.
19. 17^h A Szaturnusz 2^o8-kal délre a Holdtól.
19. 20^h Telehold.
22. 03^h 14^m Téli napforduló.
23. 16^h A Jupiter 4^o1-kal délre a Holdtól.
26. 00^h A Merkúr legnagyobb keleti kitérésben (20^o).
27. 02^h Utolsó negyed.
30. 03^h A Mars 1^o0-kal délre a Holdtól, fedés (hazánkból nem látható).
30. 09^h A Vénusz 2^o1-kal északra a Holdtól.



A hajnali égbolt

Hold 2-ig és 19-től, Vénusz, Mars, Jupiter, Szaturnusz 17-ig.

A bolygók

Merkúr: A hónap közepétől látható az esti égbolton, a délnyugati látóhatár fölött. 26-án van legnagyobb keleti kitérésben, 20° -ra a Naptól.

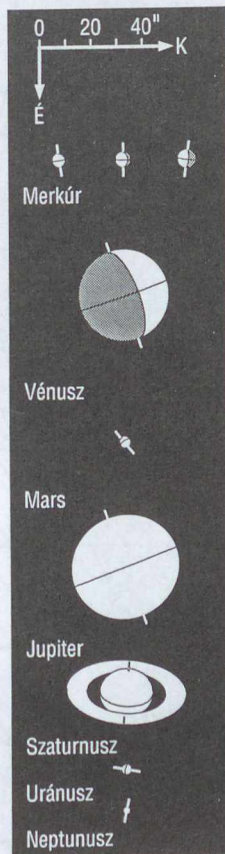
Vénusz: A hajnali égbolt legfeltűnőbb égitestje. A hónap közepén négy órával kel a Nap előtt. 7-én éri el legnagyobb fényességét. Fényessége -4^m7 -ről -4^m5 -re csökken, fázisa 0.2-ről 0.4-re növekszik.

Mars: A hajnali égen látható a Szűz, majd a Mérleg csillagképben. 3^h30^m körül kel. Fényessége 1^m6 , átmérője $4''3$, mindkettő növekszik.

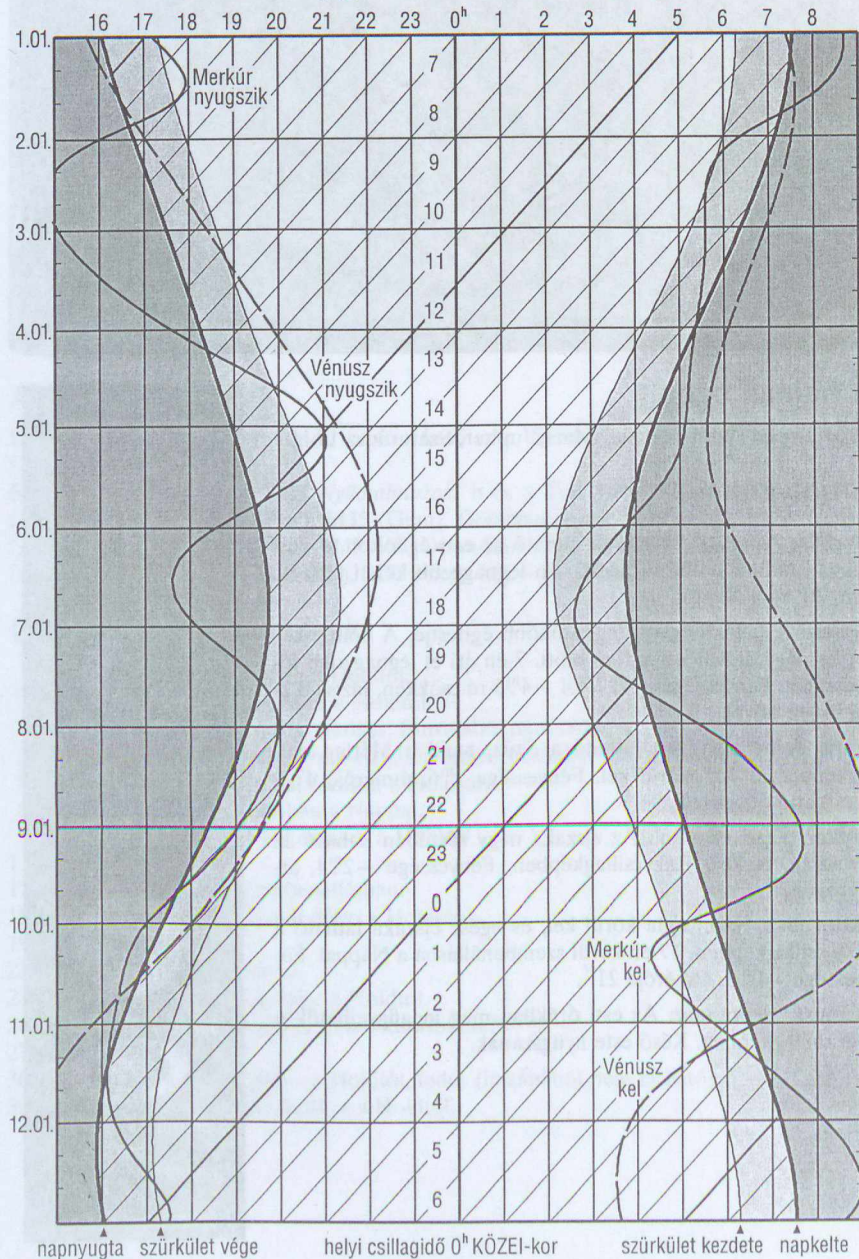
Jupiter: Késő este kel. Az éjszaka nagy részében látható az Oroszlán, majd a Rák csillagképben. Fényessége -2^m4 , átmérője $42''$.

Szaturnusz: Napnyugta körül kel, és egész éjszaka látható a Bika csillagképben. 17-én kerül szembenállásba a Nappal. Fényessége -0^m5 , átmérője $21''$.

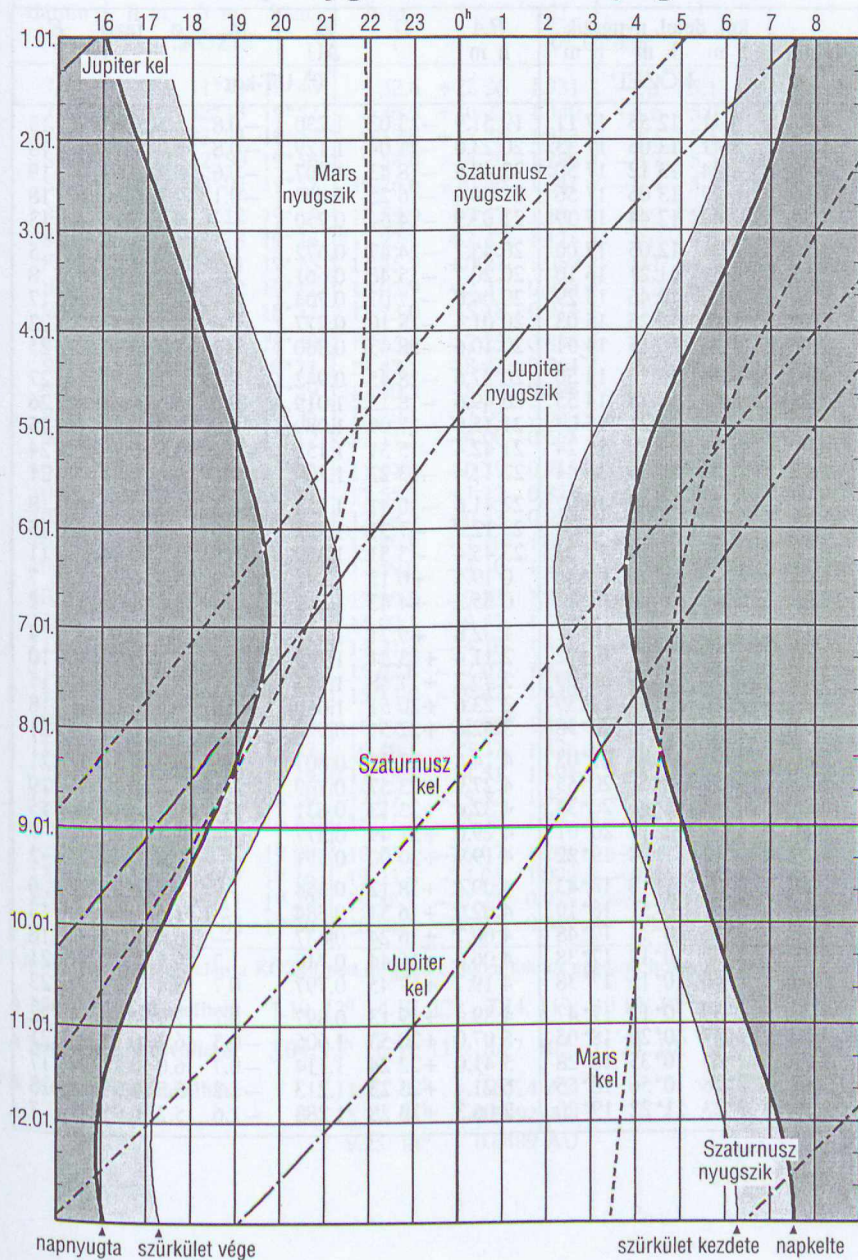
Uránusz, Neptunusz: Az esti órákban még megfigyelhetők a Bak csillagképben. Késő este nyugszanak.



A belső bolygók kelése és nyugvása



A külső bolygók kelése és nyugvása



Merkúr

dátum	kel, delel, nyugszik h m h m h m			RA h m	D ° '	Δ AU	m	$\varnothing$ "	fázis	E °
	KÖZEI*			0 ^h UT-kor						
1.01.	8 41	12 55	17 11	19 51.9	-23 03	1.230	-0.8	5.5	0.87	K 15
1.06.	8 41	13 06	17 33	20 23.0	-21 04	1.129	-0.8	6.0	0.77	K 18
1.11.	8 34	13 12	17 50	20 48.8	-18 43	1.007	-0.6	6.7	0.62	K 19
1.16.	8 17	13 06	17 56	21 04.4	-16 25	0.873	-0.1	7.7	0.40	K 18
1.21.	7 49	12 44	17 39	21 03.9	-14 54	0.750	—	9.0	0.16	K 13
1.26.	7 11	12 05	17 00	20 45.7	-14 47	0.672	—	10.0	0.02	K 5
1.31.	6 31	11 21	16 10	20 20.7	-15 48	0.661	—	10.2	0.04	Ny 8
2.05.	6 02	10 46	15 29	20 04.0	-17 07	0.704	—	9.6	0.18	Ny 17
2.10.	5 46	10 25	15 03	20 01.4	-18 10	0.777	0.6	8.7	0.33	Ny 22
2.15.	5 38	10 15	14 51	20 10.6	-18 43	0.860	0.2	7.8	0.46	Ny 25
2.20.	5 36	10 13	14 50	20 27.6	-18 45	0.942	0.1	7.1	0.56	Ny 27
2.25.	5 35	10 15	14 55	20 49.6	-18 13	1.019	0.0	6.6	0.64	Ny 26
3.02.	5 35	10 21	15 07	21 15.0	-17 09	1.089	0.0	6.2	0.71	Ny 25
3.07.	5 35	10 29	15 24	21 42.4	-15 31	1.153	-0.1	5.8	0.76	Ny 24
3.12.	5 34	10 38	15 44	22 11.4	-13 22	1.209	-0.2	5.6	0.81	Ny 21
3.17.	5 32	10 49	16 07	22 41.6	-10 41	1.258	-0.3	5.3	0.85	Ny 18
3.22.	5 29	11 01	16 34	23 12.9	-7 31	1.299	-0.6	5.2	0.90	Ny 15
3.27.	5 26	11 14	17 03	23 45.4	-3 51	1.329	-0.9	5.1	0.94	Ny 11
4.01.	5*22	11*28	17*36	0 19.5	+0 15	1.345	-1.3	5.0	0.97	Ny 7
4.06.	5*19	11*44	18*12	0 55.3	+4 43	1.342	-1.9	5.0	1.00	D 2
4.11.	5*16	12*02	18*51	1 32.8	+9 21	1.312	-1.9	5.1	0.99	K 4
4.16.	5*13	12*21	19*32	2 11.4	+13 51	1.249	-1.5	5.4	0.92	K 10
4.21.	5*12	12*39	20*09	2 49.2	+17 48	1.155	-1.1	5.8	0.79	K 15
4.26.	5*10	12*54	20*39	3 23.6	+20 51	1.040	-0.6	6.5	0.63	K 18
5.01.	5*08	13*02	20*58	3 52.6	+22 51	0.920	0.0	7.3	0.47	K 21
5.06.	5*04	13*03	21*03	4 14.4	+23 52	0.807	0.6	8.3	0.32	K 21
5.11.	4*57	12*56	20*55	4 27.9	+23 57	0.709	—	9.5	0.20	K 19
5.16.	4*46	12*41	20*34	4 32.6	+23 13	0.631	—	10.7	0.10	K 15
5.21.	4*31	12*17	20*01	4 29.0	+21 49	0.577	—	11.7	0.03	K 9
5.26.	4*12	11*48	19*22	4 19.9	+20 00	0.551	—	12.2	0.00	K 2
5.31.	3*52	11*18	18*43	4 09.4	+18 12	0.554	—	12.1	0.01	Ny 6
6.05.	3*31	10*51	18*10	4 02.0	+16 54	0.584	—	11.5	0.06	Ny 13
6.10.	3*13	10*31	17*48	4 00.7	+16 24	0.637	—	10.6	0.14	Ny 18
6.15.	2*58	10*17	17*38	4 06.6	+16 44	0.710	1.3	9.5	0.23	Ny 21
6.20.	2*46	10*11	17*38	4 19.7	+17 45	0.797	0.7	8.4	0.33	Ny 23
6.25.	2*39	10*12	17*47	4 39.9	+19 13	0.897	0.2	7.5	0.45	Ny 22
6.30.	2*37	10*20	18*05	5 07.0	+20 53	1.005	-0.3	6.7	0.57	Ny 21
7.05.	2*43	10*35	18*28	5 41.0	+22 24	1.114	-0.7	6.0	0.71	Ny 17
7.10.	2*58	10*56	18*55	6 21.4	+23 23	1.213	-1.2	5.5	0.85	Ny 13
7.15.	3*23	11*22	19*20	7 06.3	+23 28	1.288	-1.6	5.2	0.95	Ny 7

dátum	kel, delel, nyugszik h m h m h m	RA h m	D ° '	Δ AU	m	$\varnothing$ "	fázis	E °
KÖZEI*		0 ^h UT-kor						
7.20.	3*56 11*49 19*40	7 52.6	+22 26	1.331	-2.1	5.1	1.00	É 2
7.25.	4*32 12*13 19*52	8 36.9	+20 23	1.340	-1.6	5.0	0.98	K 5
7.30.	5*08 12*34 19*57	9 17.6	+17 35	1.323	-1.1	5.1	0.94	K 10
8.04.	5*41 12*50 19*56	9 54.0	+14 20	1.288	-0.7	5.2	0.89	K 14
8.09.	6*11 13*02 19*52	10 26.6	+10 50	1.241	-0.4	5.4	0.83	K 18
8.14.	6*37 13*12 19*45	10 55.9	+7 17	1.186	-0.2	5.7	0.77	K 21
8.19.	6*58 13*18 19*36	11 22.1	+3 47	1.125	0.0	6.0	0.72	K 24
8.24.	7*17 13*21 19*25	11 45.5	+0 27	1.059	0.1	6.4	0.66	K 26
8.29.	7*31 13*22 19*12	12 05.9	-2 37	0.988	0.2	6.8	0.59	K 27
9.03.	7*39 13*19 18*57	12 23.0	-5 18	0.914	0.3	7.4	0.52	K 27
9.08.	7*41 13*11 18*40	12 35.6	-7 25	0.838	0.5	8.0	0.43	K 26
9.13.	7*33 12*57 18*21	12 42.1	-8 42	0.764	0.8	8.8	0.31	K 23
9.18.	7*11 12*35 17*59	12 40.3	-8 44	0.698	—	9.6	0.18	K 18
9.23.	6*32 12*03 17*35	12 29.1	-7 08	0.656	—	10.3	0.06	K 10
9.28.	5*41 11*26 17*12	12 11.5	-4 00	0.655	—	10.3	0.00	D 3
10.03.	4*53 10*53 16*53	11 57.0	-0 39	0.713	—	9.4	0.08	Ny 10
10.08.	4*24 10*32 16*41	11 55.3	+1 12	0.823	0.5	8.2	0.28	Ny 16
10.13.	4*19 10*26 16*33	12 08.0	+0 53	0.961	-0.5	7.0	0.52	Ny 18
10.18.	4*32 10*30 16*27	12 30.9	-1 10	1.096	-0.8	6.1	0.72	Ny 17
10.23.	4*54 10*39 16*23	12 59.0	-4 10	1.212	-0.9	5.6	0.85	Ny 14
10.28.	5 19 10 49 16 18	13 29.2	-7 33	1.302	-1.0	5.2	0.93	Ny 11
11.02.	5 46 11 01 16 14	14 00.1	-10 57	1.367	-1.1	4.9	0.97	Ny 8
11.07.	6 13 11 12 16 10	14 31.3	-14 10	1.411	-1.1	4.8	0.99	Ny 4
11.12.	6 39 11 24 16 08	15 02.8	-17 07	1.438	—	4.7	1.00	Ny 1
11.17.	7 05 11 36 16 07	15 34.6	-19 42	1.448	-1.2	4.6	1.00	K 2
11.22.	7 29 11 49 16 08	16 07.1	-21 53	1.444	-0.9	4.7	0.99	K 5
11.27.	7 52 12 02 16 12	16 40.1	-23 37	1.426	-0.8	4.7	0.98	K 7
12.02.	8 13 12 16 16 19	17 13.6	-24 51	1.394	-0.7	4.8	0.96	K 10
12.07.	8 32 12 30 16 29	17 47.5	-25 32	1.346	-0.6	5.0	0.94	K 13
12.12.	8 46 12 44 16 43	18 21.2	-25 38	1.282	-0.6	5.2	0.90	K 15
12.17.	8 55 12 57 17 00	18 53.9	-25 07	1.200	-0.6	5.6	0.83	K 17
12.22.	8 59 13 07 17 16	19 23.9	-24 01	1.098	-0.6	6.1	0.73	K 19
12.27.	8 53 13 11 17 29	19 48.1	-22 27	0.978	-0.5	6.9	0.58	K 20
1.01.	8 37 13 03 17 30	20 01.3	-20 43	0.849	0.1	7.9	0.36	K 18

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

A Merkúr napközelben: 1.19. 12^h 4.17. 12^h 7.14. 11^h 10.10. 10^h

A Merkúr naptávolban: 3.04. 12^h 5.31. 11^h 8.27. 10^h 11.23. 10^h

A Merkúr földközelben: 1.29. 08^h 0.6574 AU
5.27. 21^h 0.5492 AU
9.25. 14^h 0.6489 AU

Vénusz

dátum	kel, delel, nyugszik h m h m h m			RA h m	D ° '	Δ AU	m	ø "	fázis	E °
	KÖZEI*			0 ^h UT-kor						
1.01.	7 24	11 34	15 44	18 31.3	-23 39	1.707	-3.9	9.8	1.00	Ny 3
1.06.	7 30	11 42	15 54	18 58.7	-23 21	1.709	-3.9	9.8	1.00	Ny 2
1.11.	7 34	11 49	16 05	19 25.9	-22 45	1.711	-3.9	9.8	1.00	D 1
1.16.	7 36	11 56	16 18	19 52.9	-21 51	1.712	-3.9	9.8	1.00	D 1
1.21.	7 36	12 03	16 31	20 19.4	-20 41	1.711	-3.9	9.8	1.00	K 2
1.26.	7 35	12 10	16 45	20 45.4	-19 16	1.710	-3.9	9.8	1.00	K 3
1.31.	7 32	12 15	16 59	21 11.0	-17 37	1.707	-3.9	9.8	1.00	K 4
2.05.	7 28	12 21	17 14	21 36.0	-15 45	1.704	-3.9	9.8	1.00	K 5
2.10.	7 23	12 25	17 29	22 00.5	-13 42	1.700	-3.9	9.8	0.99	K 7
2.15.	7 17	12 30	17 43	22 24.5	-11 31	1.694	-3.9	9.9	0.99	K 8
2.20.	7 10	12 34	17 58	22 48.2	-9 11	1.688	-3.9	9.9	0.99	K 9
2.25.	7 03	12 37	18 12	23 11.4	-6 46	1.680	-3.9	9.9	0.99	K 10
3.02.	6 55	12 40	18 27	23 34.4	-4 16	1.671	-3.9	10.0	0.98	K 11
3.07.	6 47	12 43	18 41	23 57.2	-1 43	1.662	-3.9	10.0	0.98	K 13
3.12.	6 39	12 46	18 55	0 19.8	+0 51	1.651	-3.9	10.1	0.97	K 14
3.17.	6 30	12 49	19 09	0 42.5	+3 25	1.639	-3.9	10.2	0.97	K 15
3.22.	6 22	12 52	19 24	1 05.2	+5 57	1.625	-3.9	10.3	0.96	K 16
3.27.	6 14	12 55	19 38	1 28.0	+8 26	1.611	-3.9	10.4	0.96	K 17
4.01.	6*06	12*59	19*52	1 51.1	+10 50	1.595	-3.9	10.5	0.95	K 19
4.06.	5*59	13*02	20*07	2 14.5	+13 08	1.578	-3.9	10.6	0.94	K 20
4.11.	5*53	13*07	20*22	2 38.3	+15 18	1.560	-3.9	10.7	0.93	K 21
4.16.	5*47	13*11	20*36	3 02.4	+17 18	1.540	-3.9	10.8	0.93	K 22
4.21.	5*42	13*16	20*51	3 27.0	+19 08	1.519	-3.9	11.0	0.92	K 23
4.26.	5*39	13*21	21*05	3 52.1	+20 45	1.497	-3.9	11.1	0.91	K 25
5.01.	5*37	13*27	21*18	4 17.5	+22 08	1.474	-3.9	11.3	0.90	K 26
5.06.	5*37	13*33	21*31	4 43.4	+23 16	1.449	-3.9	11.5	0.88	K 27
5.11.	5*38	13*40	21*42	5 09.5	+24 07	1.423	-3.9	11.7	0.87	K 28
5.16.	5*41	13*46	21*52	5 35.9	+24 42	1.396	-3.9	12.0	0.86	K 30
5.21.	5*46	13*53	22*00	6 02.3	+24 59	1.367	-4.0	12.2	0.85	K 31
5.26.	5*53	14*00	22*07	6 28.7	+24 58	1.338	-4.0	12.5	0.83	K 32
5.31.	6*02	14*06	22*11	6 54.9	+24 39	1.307	-4.0	12.8	0.82	K 33
6.05.	6*11	14*13	22*13	7 20.8	+24 04	1.275	-4.0	13.1	0.80	K 34
6.10.	6*23	14*18	22*13	7 46.3	+23 11	1.242	-4.0	13.4	0.79	K 35
6.15.	6*34	14*23	22*11	8 11.3	+22 03	1.208	-4.0	13.8	0.77	K 36
6.20.	6*47	14*28	22*08	8 35.7	+20 41	1.173	-4.0	14.2	0.76	K 38
6.25.	7*00	14*32	22*03	8 59.4	+19 05	1.138	-4.0	14.7	0.74	K 39
6.30.	7*12	14*35	21*57	9 22.5	+17 18	1.101	-4.0	15.2	0.72	K 40
7.05.	7*25	14*38	21*50	9 44.9	+15 20	1.064	-4.1	15.7	0.70	K 41
7.10.	7*37	14*40	21*41	10 06.7	+13 14	1.026	-4.1	16.3	0.68	K 41
7.15.	7*49	14*41	21*32	10 27.9	+11 00	0.988	-4.1	16.9	0.66	K 42

dátum	kel, delel, nyugszik h m h m h m			RA h m	D ° '	Δ AU	m	$\varnothing$ "	fázis	E °
	KÖZEI*			0 ^h UT-kor						
7.20.	8*01	14*42	21*22	10 48.4	+8 41	0.949	-4.1	17.6	0.64	K 43
7.25.	8*12	14*42	21*12	11 08.4	+6 17	0.910	-4.1	18.3	0.62	K 44
7.30.	8*23	14*42	21*00	11 27.9	+3 51	0.871	-4.2	19.2	0.60	K 44
8.04.	8*33	14*41	20*49	11 46.9	+1 22	0.831	-4.2	20.1	0.58	K 45
8.09.	8*42	14*40	20*37	12 05.4	-1 06	0.791	-4.2	21.1	0.56	K 45
8.14.	8*51	14*38	20*24	12 23.5	-3 34	0.751	-4.3	22.2	0.53	K 46
8.19.	9*00	14*36	20*11	12 41.1	-6 00	0.711	-4.3	23.5	0.51	K 46
8.24.	9*08	14*34	19*58	12 58.3	-8 22	0.672	-4.3	24.8	0.48	K 46
8.29.	9*15	14*30	19*45	13 14.8	-10 39	0.632	-4.4	26.4	0.45	K 46
9.03.	9*21	14*26	19*31	13 30.7	-12 50	0.593	-4.4	28.1	0.42	K 45
9.08.	9*27	14*22	19*16	13 45.9	-14 54	0.554	-4.5	30.1	0.39	K 45
9.13.	9*30	14*16	19*01	14 00.0	-16 49	0.516	-4.5	32.3	0.36	K 44
9.18.	9*32	14*09	18*45	14 12.8	-18 34	0.479	-4.5	34.8	0.32	K 43
9.23.	9*32	14*00	18*29	14 24.1	-20 06	0.443	-4.6	37.6	0.28	K 41
9.28.	9*28	13*50	18*11	14 33.2	-21 24	0.409	-4.6	40.8	0.24	K 38
10.03.	9*20	13*36	17*52	14 39.8	-22 25	0.377	-4.6	44.3	0.20	K 35
10.08.	9*07	13*20	17*32	14 43.3	-23 04	0.348	-4.5	48.0	0.15	K 32
10.13.	8*48	12*59	17*11	14 43.2	-23 19	0.321	-4.5	51.9	0.11	K 27
10.18.	8*23	12*36	16*49	14 39.2	-23 02	0.300	-4.4	55.7	0.07	K 21
10.23.	7*51	12*08	16*26	14 31.8	-22 12	0.283	-4.3	58.9	0.03	K 15
10.28.	7 13	11 39	16 05	14 21.9	-20 47	0.274	-4.1	1.0	0.01	K 8
11.02.	6 33	11 08	15 44	14 11.1	-18 56	0.271	—	1.6	0.01	Ny 6
11.07.	5 53	10 39	15 26	14 01.5	-16 53	0.276	-4.2	0.6	0.02	Ny 11
11.12.	5 17	10 13	15 09	13 54.4	-14 54	0.287	-4.4	58.1	0.05	Ny 18
11.17.	4 46	9 50	14 54	13 50.8	-13 14	0.305	-4.5	54.8	0.09	Ny 24
11.22.	4 21	9 31	14 40	13 51.1	-12 01	0.327	-4.6	51.0	0.13	Ny 29
11.27.	4 02	9 15	14 28	13 55.0	-11 18	0.354	-4.6	47.1	0.18	Ny 34
12.02.	3 49	9 03	14 17	14 02.0	-11 02	0.384	-4.7	43.4	0.22	Ny 37
12.07.	3 39	8 53	14 06	14 11.8	-11 09	0.417	-4.7	40.1	0.27	Ny 40
12.12.	3 34	8 45	13 57	14 23.9	-11 36	0.451	-4.6	37.0	0.31	Ny 42
12.17.	3 32	8 40	13 48	14 37.8	-12 18	0.486	-4.6	34.3	0.35	Ny 44
12.22.	3 32	8 36	13 39	14 53.5	-13 11	0.523	-4.6	31.9	0.38	Ny 45
12.27.	3 34	8 33	13 32	15 10.5	-14 11	0.560	-4.6	29.8	0.41	Ny 46
1.01.	3 38	8 32	13 26	15 28.8	-15 15	0.597	-4.5	27.9	0.45	Ny 47

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

A Vénusz napközben: 5.17. 19^h 12.28. 13^h

A Vénusz naptávolban: 1.25. 12^h 9.07. 04^h

A Vénusz földközben: 11.01. 08^h 0.2709 AU

Mars

dátum	kel, delel, nyugszik h m h m h m			RA h m	D ° '	Δ AU	m	ø "	fázis	E °
	KÖZEI*			0 ^h UT-kor						
1.01.	10 36	16 14	21 53	23 12.8	−5 50	1.496	0.8	6.3	0.89	K 66
1.11.	10 10	16 01	21 53	23 39.5	−2 46	1.570	0.9	6.0	0.90	K 64
1.21.	9 44	15 48	21 54	0 06.0	+0 17	1.646	0.9	5.7	0.90	K 61
1.31.	9 17	15 35	21 54	0 32.4	+3 19	1.721	1.0	5.4	0.91	K 58
2.10.	8 51	15 23	21 54	0 58.9	+6 17	1.797	1.1	5.2	0.92	K 55
2.20.	8 26	15 10	21 54	1 25.5	+9 07	1.872	1.2	5.0	0.93	K 52
3.02.	8 01	14 57	21 54	1 52.3	+11 49	1.945	1.3	4.8	0.93	K 49
3.12.	7 37	14 45	21 54	2 19.4	+14 19	2.018	1.4	4.6	0.94	K 46
3.22.	7 13	14 33	21 53	2 46.8	+16 36	2.089	1.4	4.5	0.95	K 43
4.01.	6*51	14*21	21*52	3 14.7	+18 38	2.157	1.5	4.3	0.95	K 40
4.11.	6*31	14*10	21*50	3 42.9	+20 24	2.223	1.5	4.2	0.96	K 37
4.21.	6*12	13*59	21*47	4 11.4	+21 52	2.285	1.6	4.1	0.97	K 34
5.01.	5*54	13*49	21*43	4 40.2	+23 00	2.344	1.6	4.0	0.97	K 31
5.11.	5*39	13*38	21*38	5 09.2	+23 49	2.400	1.7	3.9	0.98	K 28
5.21.	5*26	13*28	21*30	5 38.3	+24 17	2.451	1.7	3.8	0.98	K 25
5.31.	5*15	13*17	21*20	6 07.3	+24 25	2.497	1.7	3.8	0.98	K 22
6.10.	5*05	13*07	21*08	6 36.0	+24 12	2.539	1.7	3.7	0.99	K 19
6.20.	4*58	12*56	20*54	7 04.5	+23 41	2.575	1.7	3.6	0.99	K 16
6.30.	4*51	12*44	20*37	7 32.4	+22 50	2.606	1.8	3.6	1.00	K 13
7.10.	4*46	12*32	20*18	7 59.9	+21 43	2.631	1.8	3.6	1.00	K 10
7.20.	4*41	12*20	19*58	8 26.8	+20 20	2.650	1.7	3.5	1.00	K 7
7.30.	4*37	12*07	19*36	8 53.0	+18 42	2.664	1.7	3.5	1.00	K 4
8.09.	4*32	11*53	19*13	9 18.7	+16 52	2.670	1.7	3.5	1.00	K 1
8.19.	4*28	11*39	18*48	9 43.9	+14 51	2.671	1.7	3.5	1.00	Ny 3
8.29.	4*24	11*24	18*23	10 08.5	+12 41	2.665	1.8	3.5	1.00	Ny 6
9.08.	4*20	11*09	17*57	10 32.7	+10 23	2.652	1.8	3.5	1.00	Ny 9
9.18.	4*15	10*53	17*30	10 56.6	+7 59	2.632	1.8	3.6	1.00	Ny 13
9.28.	4*10	10*37	17*03	11 20.2	+5 30	2.606	1.8	3.6	0.99	Ny 16
10.08.	4*05	10*21	16*36	11 43.6	+2 58	2.573	1.8	3.6	0.99	Ny 20
10.18.	4*01	10*05	16*09	12 07.0	+0 24	2.533	1.8	3.7	0.99	Ny 23
10.28.	3 56	9 49	15 42	12 30.4	−2 09	2.487	1.8	3.8	0.98	Ny 27
11.07.	3 51	9 33	15 15	12 53.9	−4 41	2.435	1.8	3.8	0.98	Ny 30
11.17.	3 46	9 18	14 49	13 17.7	−7 10	2.377	1.8	3.9	0.97	Ny 34
11.27.	3 42	9 02	14 22	13 41.7	−9 34	2.313	1.7	4.0	0.96	Ny 38
12.07.	3 37	8 47	13 57	14 06.2	−11 52	2.244	1.7	4.2	0.96	Ny 41
12.17.	3 33	8 33	13 32	14 31.0	−14 02	2.170	1.6	4.3	0.95	Ny 45
12.27.	3 29	8 19	13 09	14 56.4	−16 02	2.092	1.6	4.5	0.94	Ny 49

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

A Mars naptávolban: 9.21. 01^h

A Mars centrálmeridiánjának hosszúsága (fok)

nap 0 ^h UT	hónap											
	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.
1.	57	109	192	247	315	14	82	141	198	264	320	27
2.	47	99	182	238	305	4	73	131	188	254	310	17
3.	37	89	172	228	295	354	63	121	178	244	300	7
4.	27	79	162	218	286	345	53	111	168	234	290	357
5.	17	69	152	208	276	335	43	102	159	225	281	348
6.	7	59	143	199	266	325	34	92	149	215	271	338
7.	357	49	133	189	257	315	24	82	139	205	261	328
8.	347	39	123	179	247	306	14	72	129	195	251	318
9.	337	29	113	169	237	296	5	63	119	185	242	309
10.	327	19	103	160	227	286	355	53	110	175	232	299
11.	317	10	93	150	218	277	345	43	100	166	222	289
12.	307	0	84	140	208	267	335	33	90	156	212	279
13.	297	350	74	130	198	257	326	24	80	146	202	270
14.	287	340	64	120	189	247	316	14	70	136	193	260
15.	277	330	54	111	179	238	306	4	61	126	183	250
16.	268	320	44	101	169	228	296	354	51	117	173	241
17.	258	310	34	91	159	218	287	344	41	107	163	231
18.	248	300	25	81	150	209	277	335	31	97	154	221
19.	238	290	15	72	140	199	267	325	21	87	144	211
20.	228	281	5	62	130	189	258	315	12	77	134	202
21.	218	271	355	52	121	180	248	305	2	68	124	192
22.	208	261	345	43	111	170	238	296	352	58	114	182
23.	198	251	336	33	101	160	228	286	342	48	105	172
24.	188	241	326	23	91	150	219	276	332	38	95	163
25.	178	231	316	13	82	141	209	266	323	28	85	153
26.	168	221	306	4	72	131	199	256	313	19	75	143
27.	158	211	296	354	62	121	189	247	303	9	66	134
28.	148	202	287	344	53	112	180	237	293	359	56	124
29.	138		277	334	43	102	170	227	283	349	46	114
30.	129		267	325	33	92	160	217	274	339	36	104
31.	119		257		23		150	208		330		95

A centrálmeridián hosszúságváltozása

óra	°	óra	°	óra	°
1	14.6	9	131.4	17	248.3
2	29.2	10	146.0	18	262.9
3	43.8	11	160.6	19	277.5
4	58.4	12	175.2	20	292.1
5	73.0	13	189.9	21	306.7
6	87.6	14	204.5	22	321.3
7	102.2	15	219.1	23	335.9
8	116.8	16	233.7	24	350.5

Jupiter

dátum	kel, delel, nyugszik h m h m h m			RA h m	D ° '	Δ AU	m	ϕ "	E °
	KÖZEI*			0 ^h UT-kor					
1.01.	15 51	23 44	7 42	6 46.4	+23 01	4.188	-2.7	47.1	Ny 180
1.11.	15 05	22 59	6 58	6 40.6	+23 08	4.206	-2.7	46.9	K 169
1.21.	14 20	22 15	6 14	6 35.2	+23 14	4.256	-2.7	46.3	K 157
1.31.	13 36	21 31	5 30	6 30.7	+23 19	4.335	-2.6	45.5	K 146
2.10.	12 53	20 48	4 48	6 27.3	+23 23	4.439	-2.6	44.4	K 135
2.20.	12 11	20 07	4 07	6 25.2	+23 25	4.564	-2.5	43.2	K 125
3.02.	11 31	19 27	3 27	6 24.5	+23 27	4.705	-2.4	41.9	K 114
3.12.	10 53	18 49	2 48	6 25.3	+23 27	4.857	-2.3	40.6	K 105
3.22.	10 16	18 12	2 11	6 27.4	+23 27	5.016	-2.3	39.3	K 95
4.01.	9*40	17*36	1*35	6 30.9	+23 25	5.178	-2.2	38.1	K 86
4.11.	9*05	17*01	1*00	6 35.5	+23 23	5.337	-2.1	36.9	K 77
4.21.	8*32	16*27	0*26	6 41.1	+23 18	5.492	-2.1	35.9	K 69
5.01.	8*00	15*55	23*49	6 47.6	+23 12	5.637	-2.0	35.0	K 60
5.11.	7*29	15*23	23*16	6 54.9	+23 04	5.772	-2.0	34.2	K 52
5.21.	6*58	14*51	22*44	7 02.8	+22 53	5.894	-1.9	33.4	K 45
5.31.	6*29	14*20	22*12	7 11.2	+22 41	6.000	-1.9	32.9	K 37
6.10.	5*59	13*50	21*40	7 20.0	+22 26	6.090	-1.9	32.4	K 29
6.20.	5*31	13*19	21*08	7 29.0	+22 08	6.162	-1.8	32.0	K 22
6.30.	5*03	12*49	20*36	7 38.3	+21 48	6.214	-1.8	31.7	K 15
7.10.	4*35	12*19	20*04	7 47.7	+21 26	6.247	-1.8	31.6	K 7
7.20.	4*07	11*49	19*31	7 57.1	+21 02	6.260	-1.8	31.5	É 0
7.30.	3*40	11*19	18*59	8 06.5	+20 36	6.253	-1.8	31.5	Ny 7
8.09.	3*12	10*49	18*26	8 15.7	+20 08	6.226	-1.8	31.7	Ny 15
8.19.	2*44	10*19	17*53	8 24.7	+19 40	6.179	-1.8	31.9	Ny 22
8.29.	2*16	9*48	17*20	8 33.4	+19 10	6.113	-1.8	32.3	Ny 30
9.08.	1*48	9*17	16*46	8 41.7	+18 41	6.029	-1.9	32.7	Ny 37
9.18.	1*19	8*46	16*12	8 49.6	+18 12	5.927	-1.9	33.3	Ny 45
9.28.	0*49	8*13	15*38	8 56.8	+17 44	5.810	-1.9	33.9	Ny 53
10.08.	0*18	7*41	15*03	9 03.4	+17 18	5.679	-2.0	34.7	Ny 61
10.18.	23*44	7*07	14*27	9 09.2	+16 55	5.538	-2.0	35.6	Ny 70
10.28.	23 11	6 33	13 51	9 14.2	+16 35	5.388	-2.1	36.6	Ny 78
11.07.	22 37	5 57	13 14	9 18.1	+16 19	5.233	-2.1	37.7	Ny 87
11.17.	22 01	5 21	12 37	9 21.0	+16 08	5.077	-2.2	38.8	Ny 97
11.27.	21 24	4 43	11 59	9 22.6	+16 02	4.924	-2.3	40.0	Ny 107
12.07.	20 44	4 04	11 20	9 23.0	+16 03	4.778	-2.3	41.3	Ny 117
12.17.	20 03	3 24	10 40	9 22.1	+16 10	4.646	-2.4	42.4	Ny 127
12.27.	19 21	2 42	10 00	9 19.9	+16 22	4.531	-2.5	43.5	Ny 138

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

A Jupiter centrálmeridiánjának hosszúsága (fok) I. rsz.

nap 0 ^h UT	hónap											
	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.
1.	270	128	229	80	130	338	27	235	84	137	350	48
2.	68	286	26	237	288	135	185	33	242	295	148	206
3.	226	84	184	35	86	293	343	191	40	93	306	4
4.	24	242	342	193	243	91	140	348	198	251	104	162
5.	182	40	140	351	41	248	298	146	355	49	262	320
6.	340	198	298	148	199	46	96	304	153	206	60	118
7.	138	355	96	306	356	204	253	101	311	4	218	276
8.	296	153	253	104	154	1	51	259	109	162	15	74
9.	94	311	51	261	312	159	209	57	266	320	173	232
10.	252	109	209	59	109	317	6	215	64	118	331	30
11.	50	267	7	217	267	114	164	12	222	275	129	188
12.	208	65	165	14	65	272	322	170	20	73	287	346
13.	6	223	322	172	222	70	119	328	177	231	85	144
14.	164	21	120	330	20	227	277	125	335	29	243	302
15.	322	179	278	128	178	25	75	283	133	187	41	100
16.	120	337	76	285	335	183	232	81	291	345	199	258
17.	278	134	233	83	133	340	30	238	88	142	357	56
18.	76	292	31	241	291	138	188	36	246	300	155	214
19.	234	90	189	38	88	296	345	194	44	98	313	12
20.	32	248	347	196	246	93	143	352	202	256	110	170
21.	190	46	144	354	44	251	301	149	359	54	268	328
22.	348	204	302	151	201	49	98	307	157	212	66	126
23.	146	2	100	309	359	206	256	105	315	9	224	284
24.	304	159	258	107	157	4	54	262	113	167	22	82
25.	102	317	55	264	314	161	211	60	271	325	180	240
26.	260	115	213	62	112	319	9	218	68	123	338	38
27.	58	273	11	220	270	117	167	16	226	281	136	196
28.	216	71	169	17	67	274	325	173	24	79	294	354
29.	14		326	175	225	72	122	331	182	237	92	152
30.	172		124	333	23	230	280	129	340	35	250	310
31.	330		282		180		78	287		192		108

A centrálmeridián hosszúságváltozása (fok)

óra	0	10	20	30	40	50
	perc					
0	0.0	6.1	12.2	18.3	24.4	30.5
1	36.6	42.7	48.8	54.9	61.0	67.1
2	73.2	79.3	85.4	91.5	97.5	103.6
3	109.7	115.8	121.9	128.0	134.1	140.2
4	146.3	152.4	158.5	164.6	170.7	176.8
5	182.9	189.0	195.1	201.2	207.3	213.4
6	219.5	225.6	231.7	237.8	243.9	250.0
7	256.1	262.2	268.3	274.4	280.5	286.6
8	292.7	298.8	304.9	311.0	317.0	323.1
9	329.2	335.3	341.4	347.5	353.6	359.7

A Jupiter centrálmeridiánjának hosszúsága (fok) II. rsz.

nap 0 ^h UT	hónap											
	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.
1.	73	54	301	276	98	68	249	220	193	17	353	182
2.	223	204	91	66	248	218	39	11	343	167	144	332
3.	14	355	242	216	38	8	189	161	133	317	294	123
4.	164	145	32	6	188	159	339	311	283	108	84	273
5.	314	295	182	156	338	309	129	101	73	258	234	63
6.	105	86	332	306	128	99	279	251	224	48	25	214
7.	255	236	122	96	278	249	69	41	14	198	175	4
8.	46	26	272	246	68	39	219	191	164	348	325	155
9.	196	176	63	36	218	189	9	341	314	138	116	305
10.	346	327	213	186	8	339	159	131	104	289	266	95
11.	137	117	3	336	158	129	309	281	254	79	56	246
12.	287	267	153	127	308	279	100	71	44	229	206	36
13.	77	57	303	277	98	69	250	221	194	19	357	186
14.	228	208	93	67	248	219	40	11	345	169	147	337
15.	18	358	244	217	38	9	190	161	135	320	297	127
16.	169	148	34	7	188	159	340	311	285	110	87	277
17.	319	299	184	157	338	309	130	102	75	260	238	68
18.	109	89	334	307	128	99	280	252	225	50	28	218
19.	260	239	124	97	278	249	70	42	15	200	178	9
20.	50	29	274	247	68	39	220	192	165	351	329	159
21.	200	179	64	37	218	189	10	342	315	141	119	309
22.	351	330	215	187	8	339	160	132	106	291	269	100
23.	141	120	5	337	158	129	310	282	256	81	60	250
24.	291	270	155	127	308	279	100	72	46	232	210	40
25.	82	60	305	277	98	69	250	222	196	22	0	191
26.	232	211	95	67	248	219	40	12	346	172	151	341
27.	22	1	245	217	38	9	190	162	136	322	301	132
28.	173	151	35	7	188	159	340	313	287	112	91	282
29.	323		185	158	338	309	130	103	77	263	241	72
30.	113		335	308	128	99	280	253	227	53	32	223
31.	264		126		278		70	43		203		13

A centrálmeridián hosszúságváltozása (fok)

óra	perc					
	0	10	20	30	40	50
0	0.0	6.0	12.1	18.1	24.2	30.2
1	36.3	42.3	48.4	54.4	60.5	66.5
2	72.5	78.5	84.6	90.6	96.7	102.7
3	108.8	114.8	120.9	126.9	133.0	139.0
4	145.1	151.1	157.2	163.2	169.3	175.3
5	181.3	187.3	193.4	199.4	205.5	211.5
6	217.6	223.6	229.7	235.7	241.8	247.8
7	253.8	259.8	265.9	271.9	278.0	284.0
8	290.1	296.1	302.2	308.2	314.3	320.3
9	326.4	332.4	338.5	343.5	349.6	355.6

Szaturnusz

dátum	kel, delel, nyugszik h m h m h m			RA h m	D ° '	Δ AU	m	ϕ "	b "	E °
	KÖZEI*			0 ^h UT-kor						
1.01.	13 54	21 30	5 11	4 31.7	+20 04	8.207	-0.3	20.3	-23.5	K 149
1.11.	13 12	20 49	4 29	4 29.3	+20 01	8.305	-0.2	20.0	-23.1	K 138
1.21.	12 31	20 08	3 48	4 27.5	+19 59	8.427	-0.1	19.7	-22.7	K 128
1.31.	11 51	19 27	3 07	4 26.5	+19 59	8.567	-0.1	19.4	-22.4	K 117
2.10.	11 11	18 48	2 28	4 26.2	+20 01	8.721	0.0	19.1	-22.1	K 107
2.20.	10 32	18 09	1 50	4 26.7	+20 05	8.884	0.0	18.7	-21.7	K 97
3.02.	9 54	17 31	1 12	4 28.0	+20 11	9.050	0.1	18.4	-21.4	K 87
3.12.	9 16	16 54	0 35	4 30.1	+20 17	9.214	0.1	18.0	-21.0	K 78
3.22.	8 38	16 17	0 00	4 32.8	+20 26	9.373	0.1	17.7	-20.7	K 68
4.01.	8*02	15*41	23*21	4 36.1	+20 35	9.522	0.1	17.5	-20.5	K 59
4.11.	7*25	15*06	22*46	4 40.0	+20 44	9.658	0.1	17.2	-20.2	K 50
4.21.	6*49	14*31	22*12	4 44.4	+20 54	9.777	0.1	17.0	-20.1	K 42
5.01.	6*14	13*56	21*39	4 49.2	+21 04	9.878	0.1	16.8	-19.9	K 33
5.11.	5*39	13*22	21*05	4 54.2	+21 14	9.959	0.1	16.7	-19.8	K 25
5.21.	5*04	12*48	20*32	4 59.5	+21 23	10.016	0.1	16.6	-19.7	K 16
5.31.	4*29	12*14	19*59	5 05.0	+21 32	10.051	0.0	16.5	-19.7	K 8
6.10.	3*55	11*40	19*26	5 10.6	+21 40	10.062	0.0	16.5	-19.7	D 1
6.20.	3*20	11*07	18*53	5 16.1	+21 47	10.050	0.0	16.5	-19.7	Ny 9
6.30.	2*46	10*33	18*20	5 21.6	+21 52	10.013	0.1	16.6	-19.8	Ny 17
7.10.	2*11	9*59	17*46	5 27.0	+21 57	9.954	0.1	16.7	-19.9	Ny 25
7.20.	1*37	9*24	17*12	5 32.1	+22 01	9.873	0.1	16.8	-20.0	Ny 34
7.30.	1*02	8*50	16*38	5 36.9	+22 04	9.772	0.1	17.0	-20.2	Ny 42
8.09.	0*27	8*15	16*03	5 41.4	+22 06	9.653	0.1	17.2	-20.4	Ny 51
8.19.	23*48	7*40	15*28	5 45.4	+22 08	9.518	0.1	17.5	-20.7	Ny 59
8.29.	23*12	7*04	14*52	5 48.8	+22 08	9.370	0.1	17.7	-20.9	Ny 68
9.08.	22*35	6*27	14*16	5 51.7	+22 08	9.212	0.1	18.0	-21.2	Ny 77
9.18.	21*58	5*50	13*38	5 53.9	+22 08	9.049	0.0	18.4	-21.7	Ny 86
9.28.	21*20	5*12	13*00	5 55.3	+22 08	8.884	0.0	18.7	-22.0	Ny 96
10.08.	20*42	4*34	12*22	5 56.0	+22 07	8.721	0.0	19.1	-22.5	Ny 105
10.18.	20*02	3*54	11*42	5 55.9	+22 07	8.566	-0.1	19.4	-22.8	Ny 115
10.28.	19 22	3 14	11 02	5 55.0	+22 06	8.424	-0.2	19.7	-23.2	Ny 126
11.07.	18 41	2 33	10 21	5 53.3	+22 06	8.299	-0.2	20.0	-23.5	Ny 136
11.17.	17 59	1 51	9 39	5 51.0	+22 05	8.196	-0.3	20.3	-23.9	Ny 147
11.27.	17 17	1 09	8 57	5 48.1	+22 05	8.118	-0.4	20.5	-24.2	Ny 157
12.07.	16 35	0 27	8 14	5 44.8	+22 04	8.070	-0.4	20.6	-24.4	Ny 168
12.17.	15 52	23 39	7 31	5 41.3	+22 03	8.052	-0.5	20.6	-24.4	Ny 178
12.27.	15 09	22 57	6 48	5 37.7	+22 03	8.066	-0.4	20.6	-24.5	K 170

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

A Szaturnusz földközeli:

12.17. 14^h 8.0519 AU

Uránusz

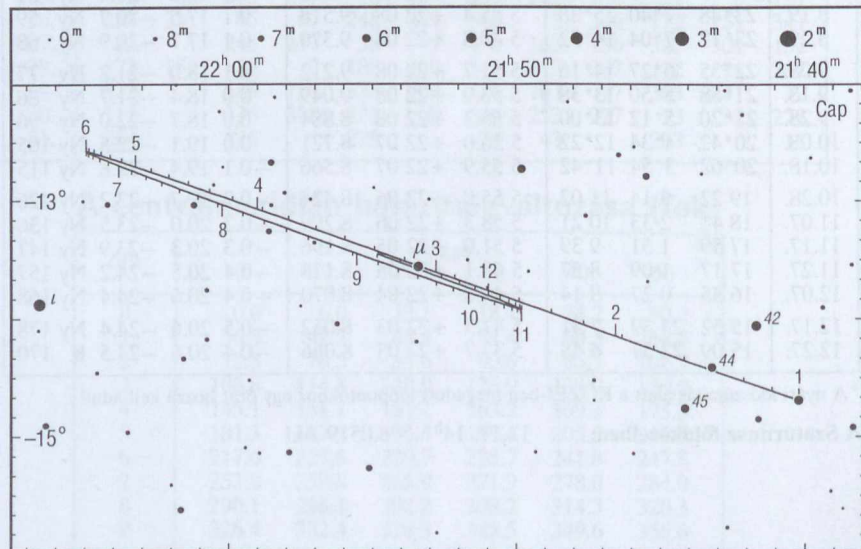
dátum	kel, delel, nyugszik h m h m h m			RA h m	D ° '	Δ AU	m ø		E °
	KÖZEI*			0 ^h UT-kor					
1.01.	9 44	14 40	19 37	21 40.2	−14 41	20.707	5.9	3.4	K 42
1.21.	8 27	13 25	18 24	21 44.2	−14 21	20.894	5.9	3.4	K 23
2.10.	7 11	12 11	17 11	21 48.6	−13 59	20.976	5.9	3.4	K 4
3.02.	5 55	10 57	15 59	21 53.0	−13 36	20.946	5.9	3.4	Ny 15
3.22.	4 39	9 43	14 46	21 57.2	−13 14	20.809	5.9	3.4	Ny 34
4.11.	3*23	8*27	13*32	22 00.7	−12 56	20.580	5.9	3.4	Ny 53
5.01.	2*06	7*11	12*17	22 03.2	−12 43	20.285	5.9	3.5	Ny 72
5.21.	0*48	5*54	11*00	22 04.7	−12 36	19.955	5.8	3.5	Ny 91
6.10.	23*25	4*36	9*42	22 04.9	−12 35	19.628	5.8	3.6	Ny 110
6.30.	22*06	3*16	8*22	22 03.9	−12 42	19.339	5.8	3.6	Ny 129
7.20.	20*46	1*55	7*00	22 01.8	−12 53	19.124	5.7	3.7	Ny 149
8.09.	19*26	0*34	5*38	21 59.1	−13 08	19.008	5.7	3.7	Ny 169
8.29.	18*06	23*08	4*15	21 56.0	−13 25	19.008	5.7	3.7	K 171
9.18.	16*46	21*47	2*52	21 53.2	−13 40	19.124	5.7	3.7	K 151
10.08.	15*26	20*26	1*30	21 51.0	−13 50	19.343	5.8	3.6	K 131
10.28.	14 06	19 06	0 10	21 49.9	−13 55	19.640	5.8	3.6	K 111
11.17.	12 48	17 48	22 48	21 50.1	−13 54	19.978	5.8	3.5	K 91
12.07.	11 30	16 31	21 32	21 51.5	−13 45	20.318	5.9	3.5	K 71
12.27.	10 13	15 15	20 17	21 54.2	−13 31	20.619	5.9	3.4	K 51

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

Az Uránusz földközeli:

8.19. 02^h

18.9934 AU



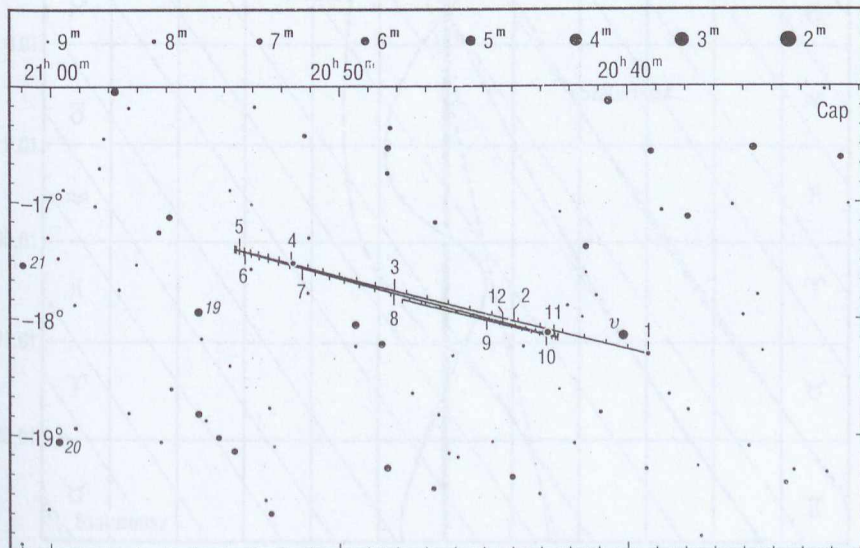
Neptunusz

dátum	kel, delel, nyugszik h m h m h m			RA h m	D ° '	Δ AU	m	ϕ "	E °
	KÖZEI*			0 ^h UT-kor					
1.01.	9 01	13 39	18 18	20 39.3	-18 18	30.968	8.0	2.2	K 27
1.21.	7 44	12 24	17 03	20 42.3	-18 07	31.071	8.0	2.2	K 7
2.10.	6 28	11 08	15 48	20 45.3	-17 56	31.059	8.0	2.2	Ny 12
3.02.	5 11	9 52	14 34	20 48.2	-17 45	30.934	8.0	2.2	Ny 32
3.22.	3 54	8 36	13 18	20 50.7	-17 35	30.711	8.0	2.2	Ny 51
4.11.	2*37	7*19	12*02	20 52.5	-17 28	30.417	7.9	2.2	Ny 70
5.01.	1*19	6*02	10*45	20 53.5	-17 24	30.084	7.9	2.3	Ny 90
5.21.	0*00	4*43	9*26	20 53.6	-17 24	29.750	7.9	2.3	Ny 109
6.10.	22*37	3*24	8*06	20 52.9	-17 27	29.453	7.9	2.3	Ny 128
6.30.	21*17	2*04	6*46	20 51.4	-17 33	29.227	7.9	2.3	Ny 148
7.20.	19*58	0*43	5*25	20 49.4	-17 41	29.098	7.8	2.3	Ny 167
8.09.	18*38	23*18	4*03	20 47.3	-17 50	29.082	7.8	2.3	K 173
8.29.	17*18	21*58	2*42	20 45.2	-17 58	29.182	7.8	2.3	K 153
9.18.	15*58	20*37	1*21	20 43.5	-18 05	29.387	7.9	2.3	K 134
10.08.	14*39	19*18	0*01	20 42.6	-18 09	29.672	7.9	2.3	K 114
10.28.	13 20	17 59	22 38	20 42.5	-18 10	30.004	7.9	2.3	K 94
11.17.	12 02	16 41	21 21	20 43.3	-18 07	30.344	7.9	2.3	K 74
12.07.	10 44	15 24	20 04	20 44.9	-18 01	30.652	8.0	2.2	K 54
12.27.	9 27	14 08	18 49	20 47.3	-17 52	30.892	8.0	2.2	K 34

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

A Neptunusz földközeli:

8.01. 17^h 29.0743 AU

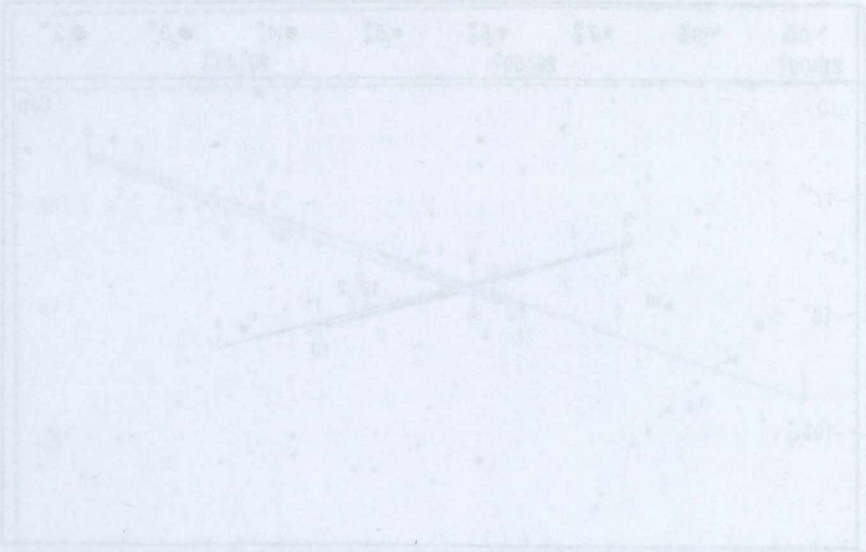


Plútó

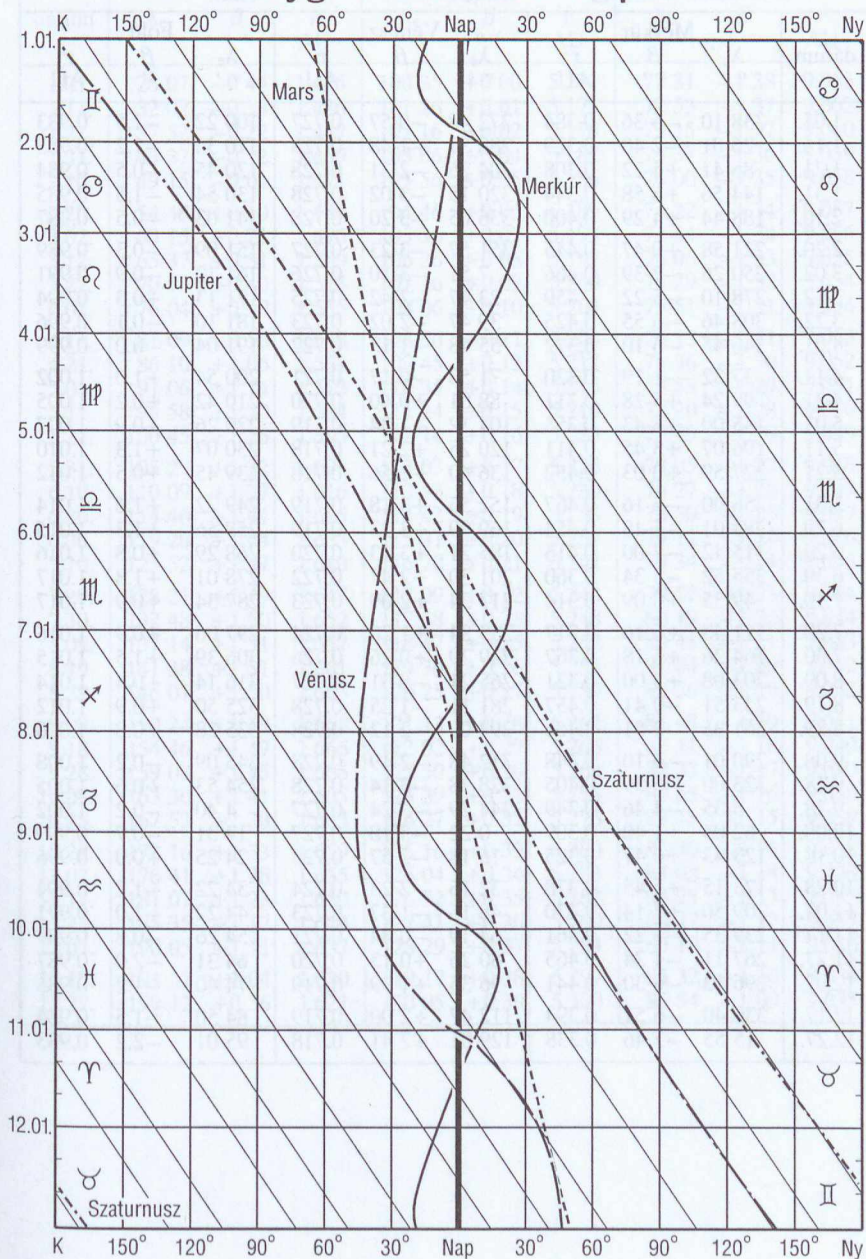
dátum	kel, delel, nyugszik			RA	D	Δ	m	ø	E
	h m	h m	h m	h m s	o ' "	AU		"	o
	KÖZEI*			0 ^h UT-kor					
1.01.	5 00	10 04	15 09	17 03 25	−12 59 33	31.341	13.9	0.1	Ny 26
1.21.	3 44	8 48	13 52	17 06 05	−13 01 32	31.157	13.9	0.1	Ny 45
2.10.	2 27	7 32	12 36	17 08 10	−13 00 56	30.891	13.9	0.1	Ny 64
3.02.	1 10	6 14	11 19	17 09 28	−12 58 09	30.573	13.8	0.1	Ny 84
3.22.	23 47	4 56	10 01	17 09 53	−12 53 52	30.244	13.8	0.1	Ny 103
4.11.	22*28	3*37	8*42	17 09 24	−12 48 52	29.942	13.8	0.1	Ny 123
5.01.	21*07	2*17	7*23	17 08 08	−12 44 04	29.703	13.8	0.1	Ny 142
5.21.	19*47	0*57	6*02	17 06 17	−12 40 20	29.556	13.8	0.1	Ny 160
6.10.	18*26	23*32	4*42	17 04 10	−12 38 23	29.520	13.8	0.1	K 170
6.30.	17*05	22*11	3*21	17 02 04	−12 38 45	29.597	13.8	0.1	K 156
7.20.	15*45	20*51	2*00	17 00 18	−12 41 40	29.780	13.8	0.1	K 137
8.09.	14*26	19*31	0*40	16 59 09	−12 47 05	30.047	13.8	0.1	K 118
8.29.	13*07	18*12	23*17	16 58 47	−12 54 39	30.369	13.8	0.1	K 99
9.18.	11*50	16*54	21*58	16 59 17	−13 03 45	30.709	13.9	0.1	K 80
10.08.	10*33	15*37	20*40	17 00 38	−13 13 37	31.031	13.9	0.1	K 61
10.28.	9 18	14 20	19 23	17 02 44	−13 23 23	31.297	13.9	0.1	K 42
11.17.	8 02	13 04	18 06	17 05 25	−13 32 12	31.479	13.9	0.1	K 24
12.07.	6 47	11 48	16 50	17 08 25	−13 39 22	31.557	13.9	0.1	K 10
12.27.	5 32	10 33	15 34	17 11 28	−13 44 20	31.520	13.9	0.1	Ny 19

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

A Plútó földközeli: 6.06. 09^h 29.5179 AU



A bolygók kitérése a Naptól



A bolygók ekliptikai koordinátái

dátum	Merkúr			Vénusz			Föld		
	λ_e ° '	β ° '	r AU	λ_e ° '	β ° '	r AU	λ_e ° '	β ''	r AU
1.01.	338 10	-6 36	0.384	272 48	-0 57	0.727	100 22	-1.5	0.983
1.11.	26 01	-2 40	0.329	288 37	-1 48	0.728	110 33	-1.2	0.983
1.21.	86 41	+4 22	0.308	304 26	-2 31	0.728	120 45	-0.5	0.984
1.31.	144 56	+6 58	0.344	320 15	-3 02	0.728	130 54	-1.5	0.985
2.10.	188 44	+4 29	0.400	336 05	-3 20	0.728	141 03	-0.5	0.987
2.20.	221 58	+0 47	0.445	351 57	-3 23	0.727	151 09	-0.3	0.989
3.02.	250 26	-2 39	0.466	7 51	-3 10	0.726	161 12	-0.9	0.991
3.12.	278 10	-5 22	0.459	23 47	-2 42	0.725	171 13	+0.3	0.994
3.22.	308 46	-6 55	0.425	39 47	-2 02	0.723	181 10	-0.1	0.996
4.01.	346 45	-6 10	0.372	55 48	-1 13	0.722	191 04	-0.0	0.999
4.11.	37 32	-1 19	0.320	71 53	-0 17	0.721	200 54	+1.0	1.002
4.21.	99 24	+5 28	0.311	88 01	+0 40	0.720	210 42	+0.2	1.005
5.01.	155 00	+6 43	0.355	104 12	+1 34	0.719	220 26	+0.9	1.007
5.11.	196 07	+3 45	0.411	120 25	+2 21	0.718	230 07	+1.3	1.010
5.21.	227 59	+0 03	0.452	136 40	+2 56	0.718	239 45	+0.5	1.012
5.31.	256 00	-3 16	0.467	152 55	+3 18	0.719	249 22	+1.6	1.014
6.10.	284 01	-5 48	0.454	169 09	+3 23	0.719	258 56	+1.3	1.015
6.20.	315 42	-7 00	0.416	185 21	+3 13	0.720	268 29	+0.8	1.016
6.30.	355 52	-5 34	0.360	201 30	+2 47	0.722	278 01	+1.8	1.017
7.10.	49 35	+0 09	0.314	217 34	+2 09	0.723	287 34	+0.9	1.017
7.20.	111 48	+6 16	0.317	233 34	+1 20	0.724	297 06	+0.9	1.016
7.30.	164 26	+6 18	0.367	249 29	+0 26	0.726	306 39	+1.5	1.015
8.09.	203 08	+3 00	0.421	265 21	-0 31	0.727	316 14	+0.4	1.014
8.19.	233 51	-0 41	0.457	281 11	-1 25	0.728	325 50	+0.9	1.012
8.29.	261 35	-3 51	0.466	297 00	-2 12	0.728	335 28	+0.8	1.010
9.08.	290 01	-6 10	0.448	312 48	-2 49	0.728	345 09	-0.2	1.008
9.18.	323 00	-6 59	0.405	328 38	-3 14	0.728	354 53	+0.6	1.005
9.28.	5 35	-4 46	0.349	344 29	-3 24	0.727	4 40	-0.2	1.002
10.08.	62 04	+1 40	0.309	0 22	-3 18	0.727	14 31	-0.7	0.999
10.18.	123 43	+6 47	0.325	16 18	-2 57	0.725	24 25	+0.0	0.996
10.28.	173 15	+5 45	0.378	32 16	-2 23	0.724	34 22	-1.2	0.994
11.07.	209 50	+2 14	0.430	48 16	-1 37	0.723	44 22	-1.0	0.991
11.17.	239 35	-1 22	0.461	64 19	-0 44	0.721	54 26	-0.8	0.989
11.27.	267 11	-4 24	0.465	80 26	+0 13	0.720	64 31	-2.0	0.987
12.07.	296 13	-6 30	0.441	96 35	+1 09	0.719	74 40	-1.2	0.985
12.17.	330 40	-6 51	0.394	112 47	+2 00	0.719	84 50	-1.5	0.984
12.27.	15 55	-3 46	0.338	129 01	+2 41	0.718	95 01	-2.2	0.983

dátum	Mars			Jupiter			Szaturnusz		
	$\lambda_{\odot}$	$\beta_{\odot}$	r AU	$\lambda_{\odot}$	$\beta_{\odot}$	r AU	$\lambda_{\odot}$	$\beta_{\odot}$	r AU
1.01.	26 07	-0 44	1.425	100 35	+0 00	5.171	72 31	-1 38	9.063
1.11.	32 02	-0 33	1.436	101 26	+0 01	5.175	72 53	-1 37	9.062
1.21.	37 52	-0 22	1.447	102 16	+0 02	5.178	73 15	-1 37	9.060
1.31.	43 37	-0 12	1.459	103 06	+0 04	5.182	73 37	-1 36	9.059
2.10.	49 15	-0 01	1.471	103 56	+0 05	5.186	74 00	-1 35	9.058
2.20.	54 48	+0 10	1.484	104 46	+0 06	5.189	74 22	-1 34	9.057
3.02.	60 15	+0 21	1.496	105 36	+0 07	5.193	74 44	-1 34	9.056
3.12.	65 37	+0 31	1.509	106 26	+0 08	5.197	75 06	-1 33	9.055
3.22.	70 53	+0 40	1.523	107 16	+0 09	5.200	75 29	-1 32	9.054
4.01.	76 04	+0 50	1.535	108 06	+0 10	5.204	75 51	-1 31	9.054
4.11.	81 09	+0 58	1.548	108 56	+0 11	5.208	76 13	-1 31	9.053
4.21.	86 10	+1 06	1.561	109 45	+0 13	5.211	76 36	-1 30	9.052
5.01.	91 06	+1 14	1.573	110 35	+0 14	5.215	76 58	-1 29	9.051
5.11.	95 58	+1 20	1.584	111 24	+0 15	5.219	77 20	-1 28	9.050
5.21.	100 45	+1 26	1.595	112 14	+0 16	5.223	77 43	-1 28	9.049
5.31.	105 29	+1 32	1.606	113 03	+0 17	5.226	78 05	-1 27	9.048
6.10.	110 09	+1 37	1.616	113 53	+0 18	5.230	78 27	-1 26	9.047
6.20.	114 46	+1 41	1.625	114 42	+0 19	5.233	78 50	-1 25	9.047
6.30.	119 20	+1 44	1.633	115 31	+0 20	5.237	79 12	-1 24	9.046
7.10.	123 52	+1 47	1.640	116 20	+0 21	5.241	79 34	-1 24	9.045
7.20.	128 21	+1 49	1.647	117 09	+0 22	5.244	79 57	-1 23	9.044
7.30.	132 48	+1 50	1.652	117 58	+0 23	5.248	80 19	-1 22	9.044
8.09.	137 14	+1 51	1.657	118 47	+0 25	5.252	80 41	-1 21	9.043
8.19.	141 38	+1 51	1.661	119 36	+0 26	5.255	81 04	-1 20	9.042
8.29.	146 01	+1 50	1.663	120 25	+0 27	5.259	81 26	-1 19	9.042
9.08.	150 24	+1 49	1.665	121 13	+0 28	5.262	81 48	-1 19	9.041
9.18.	154 46	+1 47	1.666	122 02	+0 29	5.266	82 11	-1 18	9.040
9.28.	159 08	+1 45	1.666	122 50	+0 30	5.269	82 33	-1 17	9.040
10.08.	163 30	+1 41	1.665	123 39	+0 31	5.273	82 55	-1 16	9.039
10.18.	167 53	+1 38	1.663	124 27	+0 32	5.276	83 18	-1 15	9.039
10.28.	172 16	+1 33	1.659	125 16	+0 33	5.280	83 40	-1 15	9.038
11.07.	176 41	+1 28	1.655	126 04	+0 34	5.283	84 02	-1 14	9.038
11.17.	181 07	+1 23	1.650	126 52	+0 35	5.287	84 25	-1 13	9.037
11.27.	185 35	+1 17	1.644	127 41	+0 36	5.290	84 47	-1 12	9.037
12.07.	190 05	+1 11	1.637	128 29	+0 37	5.294	85 10	-1 11	9.036
12.17.	194 37	+1 04	1.630	129 17	+0 38	5.297	85 32	-1 10	9.036
12.27.	199 12	+0 56	1.621	130 05	+0 39	5.300	85 54	-1 09	9.035

dátum	Uránusz			Neptunusz			Plútó		
	λ_e o /	β o /	r AU	λ_e o /	β o /	r AU	λ_e o /	β o /	r AU
1.01.	324 20	−0 44	19.988	308 17	+0 07	30.096	255 15	+10 03	30.461
1.11.	324 26	−0 44	19.989	308 20	+0 06	30.095	255 18	+10 02	30.464
1.21.	324 33	−0 44	19.990	308 24	+0 06	30.095	255 22	+10 01	30.468
1.31.	324 39	−0 44	19.990	308 27	+0 06	30.095	255 26	+10 00	30.472
2.10.	324 46	−0 44	19.991	308 31	+0 06	30.094	255 30	+9 59	30.475
2.20.	324 52	−0 44	19.992	308 35	+0 06	30.094	255 34	+9 58	30.479
3.02.	324 59	−0 44	19.993	308 38	+0 06	30.094	255 38	+9 57	30.482
3.12.	325 05	−0 44	19.993	308 42	+0 06	30.094	255 41	+9 56	30.486
3.22.	325 12	−0 44	19.994	308 45	+0 06	30.093	255 45	+9 55	30.489
4.01.	325 18	−0 44	19.995	308 49	+0 06	30.093	255 49	+9 54	30.493
4.11.	325 24	−0 44	19.996	308 52	+0 05	30.093	255 53	+9 53	30.497
4.21.	325 31	−0 44	19.996	308 56	+0 05	30.092	255 57	+9 53	30.500
5.01.	325 37	−0 44	19.997	309 00	+0 05	30.092	256 00	+9 52	30.504
5.11.	325 44	−0 44	19.998	309 03	+0 05	30.092	256 04	+9 51	30.508
5.21.	325 50	−0 44	19.999	309 07	+0 05	30.091	256 08	+9 50	30.511
5.31.	325 57	−0 44	19.999	309 10	+0 05	30.091	256 12	+9 49	30.515
6.10.	326 03	−0 44	20.000	309 14	+0 05	30.091	256 16	+9 48	30.519
6.20.	326 10	−0 44	20.001	309 17	+0 05	30.090	256 19	+9 47	30.522
6.30.	326 16	−0 44	20.002	309 21	+0 05	30.090	256 23	+9 46	30.526
7.10.	326 23	−0 44	20.002	309 25	+0 04	30.090	256 27	+9 45	30.530
7.20.	326 29	−0 44	20.003	309 28	+0 04	30.090	256 31	+9 44	30.533
7.30.	326 36	−0 44	20.004	309 32	+0 04	30.089	256 35	+9 43	30.537
8.09.	326 42	−0 44	20.005	309 35	+0 04	30.089	256 38	+9 42	30.541
8.19.	326 48	−0 44	20.005	309 39	+0 04	30.089	256 42	+9 41	30.544
8.29.	326 55	−0 44	20.006	309 42	+0 04	30.088	256 46	+9 40	30.548
9.08.	327 01	−0 44	20.007	309 46	+0 04	30.088	256 50	+9 39	30.552
9.18.	327 08	−0 44	20.007	309 50	+0 04	30.088	256 53	+9 38	30.556
9.28.	327 14	−0 44	20.008	309 53	+0 04	30.088	256 57	+9 37	30.559
10.08.	327 21	−0 44	20.009	309 57	+0 03	30.087	257 01	+9 36	30.563
10.18.	327 27	−0 44	20.010	310 00	+0 03	30.087	257 05	+9 35	30.567
10.28.	327 34	−0 44	20.010	310 04	+0 03	30.087	257 09	+9 35	30.571
11.07.	327 40	−0 44	20.011	310 08	+0 03	30.086	257 12	+9 34	30.574
11.17.	327 47	−0 44	20.012	310 11	+0 03	30.086	257 16	+9 33	30.578
11.27.	327 53	−0 45	20.012	310 15	+0 03	30.086	257 20	+9 32	30.582
12.07.	327 59	−0 45	20.013	310 18	+0 03	30.085	257 24	+9 31	30.586
12.17.	328 06	−0 45	20.014	310 22	+0 03	30.085	257 27	+9 30	30.589
12.27.	328 12	−0 45	20.014	310 25	+0 03	30.085	257 31	+9 29	30.593

$JD = 2\,452\,000 + \dots$

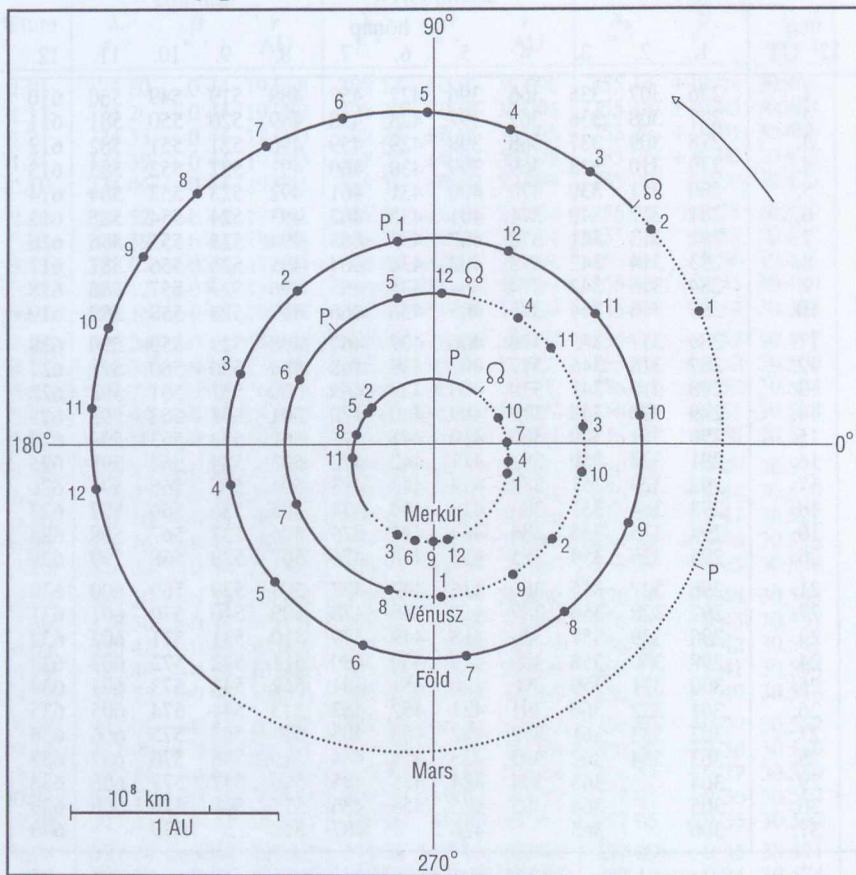
Julián-dátum

nap 12 ^h UT	hónap											
	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.
1.	276	307	335	366	396	427	457	488	519	549	580	610
2.	277	308	336	367	397	428	458	489	520	550	581	611
3.	278	309	337	368	398	429	459	490	521	551	582	612
4.	279	310	338	369	399	430	460	491	522	552	583	613
5.	280	311	339	370	400	431	461	492	523	553	584	614
6.	281	312	340	371	401	432	462	493	524	554	585	615
7.	282	313	341	372	402	433	463	494	525	555	586	616
8.	283	314	342	373	403	434	464	495	526	556	587	617
9.	284	315	343	374	404	435	465	496	527	557	588	618
10.	285	316	344	375	405	436	466	497	528	558	589	619
11.	286	317	345	376	406	437	467	498	529	559	590	620
12.	287	318	346	377	407	438	468	499	530	560	591	621
13.	288	319	347	378	408	439	469	500	531	561	592	622
14.	289	320	348	379	409	440	470	501	532	562	593	623
15.	290	321	349	380	410	441	471	502	533	563	594	624
16.	291	322	350	381	411	442	472	503	534	564	595	625
17.	292	323	351	382	412	443	473	504	535	565	596	626
18.	293	324	352	383	413	444	474	505	536	566	597	627
19.	294	325	353	384	414	445	475	506	537	567	598	628
20.	295	326	354	385	415	446	476	507	538	568	599	629
21.	296	327	355	386	416	447	477	508	539	569	600	630
22.	297	328	356	387	417	448	478	509	540	570	601	631
23.	298	329	357	388	418	449	479	510	541	571	602	632
24.	299	330	358	389	419	450	480	511	542	572	603	633
25.	300	331	359	390	420	451	481	512	543	573	604	634
26.	301	332	360	391	421	452	482	513	544	574	605	635
27.	302	333	361	392	422	453	483	514	545	575	606	636
28.	303	334	362	393	423	454	484	515	546	576	607	637
29.	304		363	394	424	455	485	516	547	577	608	638
30.	305		364	395	425	456	486	517	548	578	609	639
31.	306		365		426		487	518		579		640

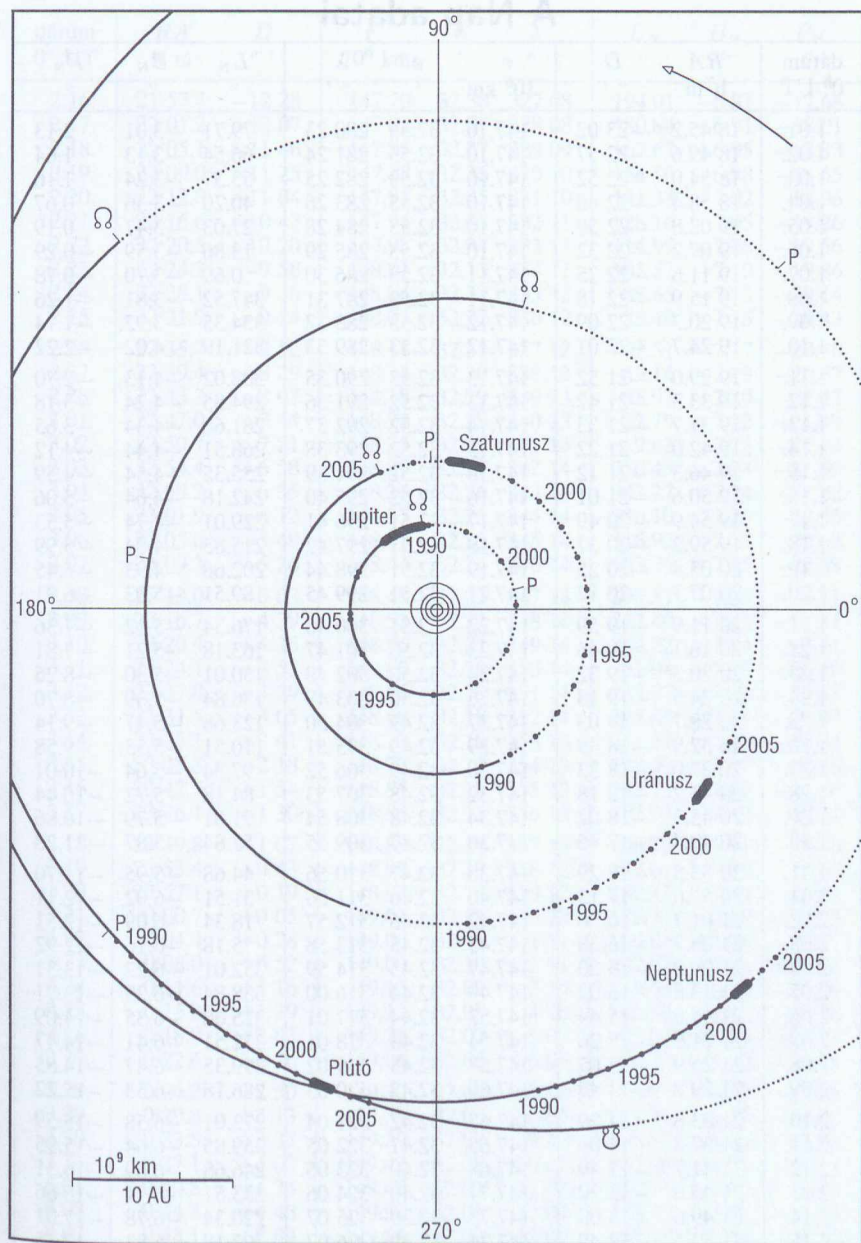
Julián-dátum tizednap

tizednap	UT		KÖZEI	NYISZ
	h m	h m	h m	h m
0.0	0 00	12 00	13 00	14 00
0.1	2 24	14 24	15 24	16 24
0.2	4 48	16 48	17 48	18 48
0.3	7 12	19 12	20 12	21 12
0.4	9 36	21 36	22 36	23 36
0.5	12 00	0 00	1 00	2 00
0.6	14 24	2 24	3 24	4 24
0.7	16 48	4 48	5 48	6 48
0.8	19 12	7 12	8 12	9 12
0.9	21 36	9 36	10 36	11 36

A bolygók elhelyezkedése a Nap körül



Az ábrák a bolygók Nap körüli mozgását mutatják az adott évben. A bolygópályáknak a földpálya síkjától északra lévő szakaszát folyamatos, a földpálya síkjától délre lévő szakaszát szaggatott vonal ábrázolja. P a pálya napközelpontja, Ω pedig a felszálló csomó (ahol a bolygó a Nap körüli keringése során – délről északra – áthalad a földpálya síkján). A Plútó esetében a leszálló csomó (ϖ) helyét tüntettük fel. Az 1–12 számok jelzik a Föld típusú bolygók helyzetét a megfelelő sorszámu hónap első napján, az évszámok pedig az óriásbolygók és a Plútó helyzetét az egyes évek kezdetén.



A Nap adatai

dátum 0 ^h UT	RA h m	D ° '	r 10 ⁶ km	ϕ '	λ ° '	L _N °	B _N °	P _N °
1.01.	18 45.2	-23 02	147.10	32.53	280 23	79.71	-3.01	2.13
1.02.	18 49.6	-22 57	147.10	32.53	281 24	66.54	-3.13	1.64
1.03.	18 54.0	-22 52	147.10	32.53	282 25	53.37	-3.24	1.16
1.04.	18 58.4	-22 46	147.10	32.53	283 26	40.20	-3.36	0.67
1.05.	19 02.8	-22 39	147.10	32.53	284 28	27.03	-3.47	0.19
1.06.	19 07.2	-22 32	147.10	32.53	285 29	13.86	-3.59	-0.29
1.07.	19 11.6	-22 25	147.11	32.53	286 30	0.69	-3.70	-0.78
1.08.	19 15.9	-22 18	147.11	32.53	287 31	347.52	-3.81	-1.26
1.09.	19 20.3	-22 09	147.12	32.53	288 32	334.35	-3.92	-1.74
1.10.	19 24.7	-22 01	147.12	32.53	289 33	321.19	-4.02	-2.22
1.11.	19 29.0	-21 52	147.13	32.53	290 35	308.02	-4.13	-2.70
1.12.	19 33.3	-21 42	147.13	32.52	291 36	294.85	-4.24	-3.18
1.13.	19 37.7	-21 33	147.14	32.52	292 37	281.68	-4.34	-3.65
1.14.	19 42.0	-21 22	147.15	32.52	293 38	268.51	-4.44	-4.12
1.15.	19 46.3	-21 12	147.16	32.52	294 39	255.35	-4.54	-4.59
1.16.	19 50.6	-21 01	147.16	32.52	295 40	242.18	-4.64	-5.06
1.17.	19 54.9	-20 49	147.17	32.51	296 41	229.01	-4.74	-5.53
1.18.	19 59.2	-20 37	147.18	32.51	297 42	215.85	-4.84	-5.99
1.19.	20 03.4	-20 25	147.19	32.51	298 44	202.68	-4.93	-6.45
1.20.	20 07.7	-20 12	147.21	32.51	299 45	189.51	-5.03	-6.91
1.21.	20 11.9	-19 59	147.22	32.51	300 46	176.34	-5.12	-7.36
1.22.	20 16.1	-19 46	147.23	32.50	301 47	163.18	-5.21	-7.81
1.23.	20 20.3	-19 32	147.24	32.50	302 48	150.01	-5.30	-8.26
1.24.	20 24.5	-19 18	147.26	32.50	303 49	136.84	-5.39	-8.70
1.25.	20 28.7	-19 03	147.27	32.49	304 50	123.68	-5.47	-9.14
1.26.	20 32.9	-18 49	147.29	32.49	305 51	110.51	-5.55	-9.58
1.27.	20 37.0	-18 33	147.30	32.49	306 52	97.34	-5.64	-10.01
1.28.	20 41.2	-18 18	147.32	32.48	307 53	84.18	-5.72	-10.44
1.29.	20 45.3	-18 02	147.34	32.48	308 54	71.01	-5.79	-10.86
1.30.	20 49.4	-17 46	147.36	32.47	309 55	57.84	-5.87	-11.28
1.31.	20 53.5	-17 29	147.38	32.47	310 56	44.68	-5.95	-11.70
2.01.	20 57.6	-17 13	147.40	32.46	311 56	31.51	-6.02	-12.11
2.02.	21 01.7	-16 56	147.42	32.46	312 57	18.34	-6.09	-12.51
2.03.	21 05.7	-16 38	147.45	32.45	313 58	5.18	-6.16	-12.92
2.04.	21 09.8	-16 20	147.47	32.45	314 59	352.01	-6.22	-13.31
2.05.	21 13.8	-16 02	147.49	32.44	316 00	338.84	-6.29	-13.71
2.06.	21 17.8	-15 44	147.52	32.44	317 01	325.68	-6.35	-14.09
2.07.	21 21.9	-15 26	147.54	32.43	318 01	312.51	-6.41	-14.47
2.08.	21 25.9	-15 07	147.57	32.43	319 02	299.35	-6.47	-14.85
2.09.	21 29.8	-14 48	147.60	32.42	320 03	286.18	-6.53	-15.22
2.10.	21 33.8	-14 29	147.62	32.42	321 04	273.01	-6.58	-15.59
2.11.	21 37.8	-14 09	147.65	32.41	322 05	259.85	-6.64	-15.95
2.12.	21 41.7	-13 49	147.68	32.40	323 05	246.68	-6.69	-16.31
2.13.	21 45.6	-13 29	147.71	32.40	324 06	233.51	-6.74	-16.66
2.14.	21 49.6	-13 09	147.73	32.39	325 07	220.34	-6.78	-17.01
2.15.	21 53.5	-12 49	147.76	32.39	326 07	207.18	-6.83	-17.35

dátum 0 ^h UT	RA h m	D ° '	r 10 ⁶ km	ø '	λ ° '	L _N °	B _N °	P _N °
2.16.	21 57.4	-12 28	147.79	32.38	327 08	194.01	-6.87	-17.68
2.17.	22 01.2	-12 07	147.82	32.37	328 08	180.84	-6.91	-18.01
2.18.	22 05.1	-11 46	147.85	32.37	329 09	167.67	-6.95	-18.33
2.19.	22 09.0	-11 25	147.88	32.36	330 10	154.50	-6.98	-18.65
2.20.	22 12.8	-11 04	147.91	32.35	331 10	141.33	-7.02	-18.96
2.21.	22 16.6	-10 42	147.94	32.35	332 11	128.16	-7.05	-19.26
2.22.	22 20.5	-10 20	147.98	32.34	333 11	114.99	-7.08	-19.56
2.23.	22 24.3	-9 58	148.01	32.33	334 11	101.82	-7.10	-19.86
2.24.	22 28.1	-9 36	148.04	32.32	335 12	88.65	-7.13	-20.14
2.25.	22 31.9	-9 14	148.07	32.32	336 12	75.48	-7.15	-20.43
2.26.	22 35.7	-8 52	148.11	32.31	337 12	62.31	-7.17	-20.70
2.27.	22 39.4	-8 29	148.14	32.30	338 13	49.14	-7.19	-20.97
2.28.	22 43.2	-8 07	148.18	32.29	339 13	35.97	-7.20	-21.23
3.01.	22 47.0	-7 44	148.22	32.29	340 13	22.79	-7.22	-21.49
3.02.	22 50.7	-7 21	148.25	32.28	341 13	9.62	-7.23	-21.74
3.03.	22 54.4	-6 58	148.29	32.27	342 14	356.45	-7.24	-21.98
3.04.	22 58.2	-6 35	148.33	32.26	343 14	343.27	-7.24	-22.22
3.05.	23 01.9	-6 12	148.37	32.25	344 14	330.10	-7.25	-22.45
3.06.	23 05.6	-5 49	148.41	32.25	345 14	316.92	-7.25	-22.68
3.07.	23 09.3	-5 26	148.44	32.24	346 14	303.75	-7.25	-22.89
3.08.	23 13.0	-5 03	148.48	32.23	347 14	290.57	-7.25	-23.11
3.09.	23 16.7	-4 39	148.52	32.22	348 14	277.40	-7.25	-23.31
3.10.	23 20.4	-4 16	148.56	32.21	349 14	264.22	-7.24	-23.51
3.11.	23 24.1	-3 52	148.60	32.20	350 14	251.04	-7.23	-23.70
3.12.	23 27.8	-3 29	148.64	32.19	351 14	237.87	-7.22	-23.89
3.13.	23 31.5	-3 05	148.68	32.18	352 14	224.69	-7.21	-24.07
3.14.	23 35.1	-2 41	148.72	32.18	353 14	211.51	-7.19	-24.24
3.15.	23 38.8	-2 18	148.77	32.17	354 13	198.33	-7.17	-24.40
3.16.	23 42.5	-1 54	148.81	32.16	355 13	185.15	-7.15	-24.56
3.17.	23 46.1	-1 30	148.85	32.15	356 13	171.97	-7.13	-24.71
3.18.	23 49.8	-1 07	148.89	32.14	357 13	158.79	-7.11	-24.86
3.19.	23 53.4	-0 43	148.93	32.13	358 12	145.61	-7.08	-25.00
3.20.	23 57.1	-0 19	148.97	32.12	359 12	132.42	-7.05	-25.13
3.21.	0 00.7	+0 05	149.01	32.11	0 12	119.24	-7.02	-25.25
3.22.	0 04.4	+0 28	149.05	32.11	1 11	106.05	-6.99	-25.37
3.23.	0 08.0	+0 52	149.09	32.10	2 11	92.87	-6.96	-25.48
3.24.	0 11.6	+1 16	149.13	32.09	3 10	79.68	-6.92	-25.59
3.25.	0 15.3	+1 39	149.17	32.08	4 10	66.50	-6.88	-25.68
3.26.	0 18.9	+2 03	149.22	32.07	5 09	53.31	-6.84	-25.77
3.27.	0 22.6	+2 26	149.26	32.06	6 09	40.12	-6.80	-25.85
3.28.	0 26.2	+2 50	149.30	32.05	7 08	26.93	-6.75	-25.93
3.29.	0 29.8	+3 13	149.34	32.04	8 07	13.74	-6.71	-26.00
3.30.	0 33.5	+3 37	149.39	32.03	9 07	0.55	-6.66	-26.06
3.31.	0 37.1	+4 00	149.43	32.02	10 06	347.36	-6.61	-26.11
4.01.	0 40.8	+4 23	149.47	32.01	11 05	334.17	-6.55	-26.16
4.02.	0 44.4	+4 46	149.52	32.01	12 04	320.97	-6.50	-26.20
4.03.	0 48.1	+5 09	149.56	32.00	13 03	307.78	-6.44	-26.23
4.04.	0 51.7	+5 32	149.60	31.99	14 03	294.59	-6.38	-26.26

dátum 0 ^h UT	RA h m	D ° ′	r 10 ⁶ km	ϕ ′	λ ° ′	L_N °	B_N °	P_N °
4.05.	0 55.4	+5 55	149.65	31.98	15 02	281.39	-6.32	-26.28
4.06.	0 59.0	+6 18	149.69	31.97	16 01	268.19	-6.26	-26.29
4.07.	1 02.7	+6 41	149.74	31.96	17 00	255.00	-6.20	-26.29
4.08.	1 06.3	+7 03	149.78	31.95	17 59	241.80	-6.13	-26.29
4.09.	1 10.0	+7 26	149.82	31.94	18 58	228.60	-6.06	-26.28
4.10.	1 13.7	+7 48	149.87	31.93	19 57	215.40	-6.00	-26.26
4.11.	1 17.3	+8 10	149.91	31.92	20 56	202.20	-5.92	-26.23
4.12.	1 21.0	+8 32	149.95	31.91	21 55	189.00	-5.85	-26.20
4.13.	1 24.7	+8 54	149.99	31.90	22 53	175.80	-5.78	-26.16
4.14.	1 28.4	+9 16	150.04	31.89	23 52	162.60	-5.70	-26.11
4.15.	1 32.1	+9 37	150.08	31.89	24 51	149.40	-5.62	-26.06
4.16.	1 35.8	+9 59	150.12	31.88	25 50	136.19	-5.55	-26.00
4.17.	1 39.5	+10 20	150.16	31.87	26 49	122.99	-5.46	-25.93
4.18.	1 43.2	+10 41	150.20	31.86	27 47	109.78	-5.38	-25.85
4.19.	1 46.9	+11 02	150.24	31.85	28 46	96.58	-5.30	-25.77
4.20.	1 50.7	+11 23	150.28	31.84	29 45	83.37	-5.21	-25.68
4.21.	1 54.4	+11 43	150.32	31.83	30 43	70.16	-5.13	-25.58
4.22.	1 58.1	+12 04	150.36	31.83	31 42	56.95	-5.04	-25.47
4.23.	2 01.9	+12 24	150.40	31.82	32 40	43.74	-4.95	-25.36
4.24.	2 05.6	+12 44	150.44	31.81	33 39	30.53	-4.86	-25.24
4.25.	2 09.4	+13 04	150.48	31.80	34 37	17.32	-4.77	-25.11
4.26.	2 13.2	+13 23	150.52	31.79	35 35	4.11	-4.67	-24.97
4.27.	2 16.9	+13 42	150.56	31.78	36 34	350.90	-4.58	-24.83
4.28.	2 20.7	+14 02	150.60	31.78	37 32	337.68	-4.48	-24.68
4.29.	2 24.5	+14 20	150.64	31.77	38 30	324.47	-4.38	-24.52
4.30.	2 28.3	+14 39	150.68	31.76	39 29	311.25	-4.29	-24.36
5.01.	2 32.1	+14 57	150.71	31.75	40 27	298.04	-4.19	-24.18
5.02.	2 36.0	+15 15	150.75	31.74	41 25	284.82	-4.09	-24.00
5.03.	2 39.8	+15 33	150.79	31.73	42 23	271.60	-3.98	-23.82
5.04.	2 43.6	+15 51	150.83	31.73	43 22	258.38	-3.88	-23.62
5.05.	2 47.5	+16 08	150.87	31.72	44 20	245.17	-3.78	-23.42
5.06.	2 51.3	+16 25	150.90	31.71	45 18	231.95	-3.67	-23.22
5.07.	2 55.2	+16 42	150.94	31.70	46 16	218.73	-3.57	-23.00
5.08.	2 59.1	+16 59	150.98	31.70	47 14	205.51	-3.46	-22.78
5.09.	3 03.0	+17 15	151.01	31.69	48 12	192.28	-3.35	-22.55
5.10.	3 06.9	+17 31	151.05	31.68	49 10	179.06	-3.24	-22.32
5.11.	3 10.8	+17 47	151.08	31.67	50 08	165.84	-3.13	-22.07
5.12.	3 14.7	+18 02	151.12	31.67	51 06	152.62	-3.02	-21.82
5.13.	3 18.6	+18 17	151.15	31.66	52 04	139.39	-2.91	-21.57
5.14.	3 22.5	+18 32	151.18	31.65	53 02	126.17	-2.80	-21.30
5.15.	3 26.5	+18 46	151.22	31.65	54 00	112.94	-2.69	-21.03
5.16.	3 30.4	+19 00	151.25	31.64	54 58	99.72	-2.57	-20.76
5.17.	3 34.4	+19 14	151.28	31.63	55 56	86.49	-2.46	-20.48
5.18.	3 38.4	+19 28	151.31	31.63	56 54	73.27	-2.34	-20.19
5.19.	3 42.4	+19 41	151.34	31.62	57 51	60.04	-2.23	-19.89
5.20.	3 46.4	+19 54	151.37	31.61	58 49	46.81	-2.11	-19.59
5.21.	3 50.4	+20 06	151.40	31.61	59 47	33.58	-1.99	-19.28
5.22.	3 54.4	+20 18	151.42	31.60	60 45	20.35	-1.88	-18.97

dátum 0 ^h UT	RA h m	D ° ′	r 10 ⁶ km	ø ′	λ ° ′	L _N °	B _N °	P _N °
5.23.	3 58.4	+20 30	151.45	31.60	61 42	7.12	-1.76	-18.65
5.24.	4 02.4	+20 42	151.48	31.59	62 40	353.89	-1.64	-18.32
5.25.	4 06.4	+20 53	151.51	31.59	63 38	340.66	-1.52	-17.99
5.26.	4 10.5	+21 03	151.53	31.58	64 35	327.43	-1.41	-17.65
5.27.	4 14.5	+21 14	151.56	31.57	65 33	314.20	-1.29	-17.31
5.28.	4 18.6	+21 24	151.59	31.57	66 30	300.97	-1.17	-16.96
5.29.	4 22.7	+21 33	151.61	31.56	67 28	287.73	-1.05	-16.61
5.30.	4 26.7	+21 43	151.64	31.56	68 25	274.50	-0.93	-16.25
5.31.	4 30.8	+21 51	151.66	31.55	69 23	261.27	-0.81	-15.89
6.01.	4 34.9	+22 00	151.68	31.55	70 20	248.04	-0.69	-15.52
6.02.	4 39.0	+22 08	151.71	31.54	71 18	234.80	-0.57	-15.14
6.03.	4 43.1	+22 16	151.73	31.54	72 15	221.57	-0.45	-14.76
6.04.	4 47.2	+22 23	151.75	31.53	73 13	208.33	-0.32	-14.38
6.05.	4 51.3	+22 30	151.78	31.53	74 10	195.10	-0.20	-13.99
6.06.	4 55.4	+22 37	151.80	31.52	75 08	181.86	-0.08	-13.60
6.07.	4 59.6	+22 43	151.82	31.52	76 05	168.63	0.04	-13.20
6.08.	5 03.7	+22 49	151.84	31.52	77 03	155.39	0.16	-12.80
6.09.	5 07.8	+22 54	151.86	31.51	78 00	142.16	0.28	-12.39
6.10.	5 12.0	+22 59	151.87	31.51	78 57	128.92	0.40	-11.99
6.11.	5 16.1	+23 03	151.89	31.51	79 55	115.69	0.52	-11.57
6.12.	5 20.3	+23 08	151.91	31.50	80 52	102.45	0.64	-11.16
6.13.	5 24.4	+23 11	151.92	31.50	81 50	89.22	0.76	-10.74
6.14.	5 28.6	+23 15	151.94	31.50	82 47	75.98	0.88	-10.31
6.15.	5 32.7	+23 17	151.95	31.49	83 44	62.75	1.00	-9.89
6.16.	5 36.9	+23 20	151.96	31.49	84 42	49.51	1.12	-9.46
6.17.	5 41.0	+23 22	151.98	31.49	85 39	36.27	1.24	-9.03
6.18.	5 45.2	+23 24	151.99	31.49	86 36	23.04	1.36	-8.59
6.19.	5 49.4	+23 25	152.00	31.48	87 34	9.80	1.48	-8.16
6.20.	5 53.5	+23 26	152.01	31.48	88 31	356.56	1.59	-7.72
6.21.	5 57.7	+23 26	152.02	31.48	89 28	343.32	1.71	-7.28
6.22.	6 01.8	+23 26	152.03	31.48	90 25	330.09	1.83	-6.83
6.23.	6 06.0	+23 26	152.04	31.48	91 23	316.85	1.94	-6.39
6.24.	6 10.2	+23 25	152.04	31.47	92 20	303.61	2.06	-5.94
6.25.	6 14.3	+23 24	152.05	31.47	93 17	290.38	2.17	-5.50
6.26.	6 18.5	+23 22	152.06	31.47	94 14	277.14	2.29	-5.05
6.27.	6 22.6	+23 20	152.06	31.47	95 11	263.90	2.40	-4.60
6.28.	6 26.8	+23 18	152.07	31.47	96 09	250.66	2.52	-4.14
6.29.	6 30.9	+23 15	152.08	31.47	97 06	237.43	2.63	-3.69
6.30.	6 35.1	+23 12	152.08	31.47	98 03	224.19	2.74	-3.24
7.01.	6 39.2	+23 08	152.08	31.47	99 00	210.95	2.85	-2.79
7.02.	6 43.3	+23 04	152.09	31.46	99 57	197.72	2.96	-2.33
7.03.	6 47.5	+22 59	152.09	31.46	100 55	184.48	3.07	-1.88
7.04.	6 51.6	+22 55	152.09	31.46	101 52	171.25	3.18	-1.42
7.05.	6 55.7	+22 49	152.09	31.46	102 49	158.01	3.29	-0.97
7.06.	6 59.8	+22 44	152.09	31.46	103 46	144.78	3.40	-0.52
7.07.	7 03.9	+22 38	152.09	31.46	104 43	131.54	3.50	-0.06
7.08.	7 08.0	+22 31	152.09	31.46	105 41	118.31	3.61	0.39
7.09.	7 12.1	+22 24	152.09	31.46	106 38	105.07	3.71	0.84

dátum 0 ^h UT	RA h m	D ° ' "	r 10 ⁶ km	ϕ ° ' "	λ ° ' "	L _N °	B _N °	P _N °
7.10.	7 16.2	+22 17	152.09	31.46	107 35	91.84	3.81	1.29
7.11.	7 20.3	+22 09	152.08	31.47	108 32	78.60	3.92	1.74
7.12.	7 24.4	+22 01	152.08	31.47	109 30	65.37	4.02	2.19
7.13.	7 28.5	+21 53	152.07	31.47	110 27	52.14	4.12	2.64
7.14.	7 32.5	+21 44	152.07	31.47	111 24	38.91	4.22	3.09
7.15.	7 36.6	+21 35	152.06	31.47	112 21	25.67	4.31	3.53
7.16.	7 40.6	+21 26	152.05	31.47	113 19	12.44	4.41	3.97
7.17.	7 44.7	+21 16	152.04	31.47	114 16	359.21	4.50	4.42
7.18.	7 48.7	+21 06	152.03	31.48	115 13	345.98	4.60	4.85
7.19.	7 52.7	+20 55	152.02	31.48	116 10	332.74	4.69	5.29
7.20.	7 56.7	+20 44	152.01	31.48	117 08	319.51	4.78	5.73
7.21.	8 00.7	+20 33	152.00	31.48	118 05	306.28	4.87	6.16
7.22.	8 04.7	+20 21	151.99	31.49	119 02	293.05	4.96	6.59
7.23.	8 08.7	+20 09	151.97	31.49	119 59	279.82	5.05	7.02
7.24.	8 12.7	+19 57	151.96	31.49	120 57	266.59	5.13	7.44
7.25.	8 16.6	+19 44	151.95	31.49	121 54	253.36	5.22	7.86
7.26.	8 20.6	+19 31	151.93	31.50	122 51	240.13	5.30	8.28
7.27.	8 24.5	+19 18	151.92	31.50	123 49	226.90	5.38	8.70
7.28.	8 28.4	+19 04	151.90	31.50	124 46	213.68	5.46	9.11
7.29.	8 32.4	+18 50	151.89	31.51	125 43	200.45	5.54	9.52
7.30.	8 36.3	+18 36	151.87	31.51	126 41	187.22	5.62	9.93
7.31.	8 40.2	+18 22	151.86	31.51	127 38	173.99	5.70	10.33
8.01.	8 44.1	+18 07	151.84	31.52	128 35	160.77	5.77	10.73
8.02.	8 47.9	+17 52	151.82	31.52	129 33	147.54	5.84	11.13
8.03.	8 51.8	+17 36	151.80	31.52	130 30	134.32	5.91	11.52
8.04.	8 55.7	+17 21	151.78	31.53	131 28	121.09	5.98	11.91
8.05.	8 59.5	+17 05	151.76	31.53	132 25	107.87	6.05	12.30
8.06.	9 03.4	+16 48	151.74	31.54	133 23	94.65	6.12	12.68
8.07.	9 07.2	+16 32	151.72	31.54	134 20	81.42	6.18	13.06
8.08.	9 11.0	+16 15	151.70	31.55	135 18	68.20	6.24	13.43
8.09.	9 14.8	+15 58	151.67	31.55	136 15	54.98	6.31	13.80
8.10.	9 18.6	+15 41	151.65	31.56	137 13	41.76	6.36	14.17
8.11.	9 22.4	+15 23	151.63	31.56	138 10	28.54	6.42	14.53
8.12.	9 26.2	+15 05	151.60	31.57	139 08	15.32	6.48	14.89
8.13.	9 30.0	+14 47	151.57	31.57	140 05	2.10	6.53	15.24
8.14.	9 33.8	+14 29	151.55	31.58	141 03	348.88	6.58	15.59
8.15.	9 37.5	+14 10	151.52	31.58	142 01	335.66	6.63	15.93
8.16.	9 41.3	+13 52	151.49	31.59	142 58	322.44	6.68	16.27
8.17.	9 45.0	+13 33	151.46	31.59	143 56	309.22	6.73	16.60
8.18.	9 48.7	+13 13	151.43	31.60	144 54	296.01	6.77	16.93
8.19.	9 52.4	+12 54	151.40	31.61	145 51	282.79	6.82	17.26
8.20.	9 56.2	+12 34	151.37	31.61	146 49	269.57	6.86	17.58
8.21.	9 59.9	+12 15	151.34	31.62	147 47	256.36	6.89	17.89
8.22.	10 03.6	+11 55	151.31	31.63	148 45	243.14	6.93	18.20
8.23.	10 07.2	+11 34	151.28	31.63	149 42	229.93	6.97	18.51
8.24.	10 10.9	+11 14	151.25	31.64	150 40	216.71	7.00	18.81
8.25.	10 14.6	+10 54	151.22	31.65	151 38	203.50	7.03	19.10
8.26.	10 18.3	+10 33	151.19	31.65	152 36	190.29	7.06	19.39

dátum 0 ^h UT	RA h m	D ° '	r 10 ⁶ km	φ ° '	λ ° '	L _N °	B _N °	P _N °
8.27.	10 21.9	+10 12	151.15	31.66	153 34	177.07	7.09	19.67
8.28.	10 25.6	+9 51	151.12	31.67	154 32	163.86	7.11	19.95
8.29.	10 29.2	+9 30	151.09	31.67	155 30	150.65	7.13	20.23
8.30.	10 32.9	+9 08	151.05	31.68	156 28	137.44	7.16	20.50
8.31.	10 36.5	+8 47	151.02	31.69	157 26	124.23	7.17	20.76
9.01.	10 40.1	+8 25	150.99	31.69	158 24	111.02	7.19	21.02
9.02.	10 43.8	+8 04	150.95	31.70	159 22	97.81	7.21	21.27
9.03.	10 47.4	+7 42	150.92	31.71	160 20	84.60	7.22	21.52
9.04.	10 51.0	+7 20	150.88	31.72	161 18	71.39	7.23	21.76
9.05.	10 54.6	+6 57	150.84	31.72	162 16	58.19	7.24	21.99
9.06.	10 58.2	+6 35	150.81	31.73	163 14	44.98	7.24	22.22
9.07.	11 01.8	+6 13	150.77	31.74	164 13	31.77	7.25	22.45
9.08.	11 05.4	+5 50	150.73	31.75	165 11	18.57	7.25	22.66
9.09.	11 09.0	+5 28	150.69	31.76	166 09	5.36	7.25	22.88
9.10.	11 12.6	+5 05	150.66	31.76	167 07	352.16	7.25	23.08
9.11.	11 16.2	+4 42	150.62	31.77	168 06	338.95	7.25	23.28
9.12.	11 19.8	+4 20	150.58	31.78	169 04	325.75	7.24	23.48
9.13.	11 23.4	+3 57	150.54	31.79	170 03	312.55	7.23	23.67
9.14.	11 27.0	+3 34	150.50	31.80	171 01	299.34	7.22	23.85
9.15.	11 30.6	+3 11	150.45	31.81	171 59	286.14	7.21	24.02
9.16.	11 34.2	+2 48	150.41	31.81	172 58	272.94	7.19	24.19
9.17.	11 37.7	+2 24	150.37	31.82	173 56	259.74	7.18	24.36
9.18.	11 41.3	+2 01	150.33	31.83	174 55	246.54	7.16	24.51
9.19.	11 44.9	+1 38	150.29	31.84	175 53	233.33	7.14	24.66
9.20.	11 48.5	+1 15	150.25	31.85	176 52	220.13	7.12	24.81
9.21.	11 52.1	+0 51	150.21	31.86	177 51	206.93	7.09	24.95
9.22.	11 55.7	+0 28	150.16	31.87	178 49	193.73	7.06	25.08
9.23.	11 59.3	+0 05	150.12	31.88	179 48	180.53	7.04	25.20
9.24.	12 02.9	-0 19	150.08	31.88	180 47	167.33	7.00	25.32
9.25.	12 06.4	-0 42	150.04	31.89	181 45	154.14	6.97	25.43
9.26.	12 10.0	-1 05	150.00	31.90	182 44	140.94	6.94	25.54
9.27.	12 13.6	-1 29	149.96	31.91	183 43	127.74	6.90	25.64
9.28.	12 17.2	-1 52	149.92	31.92	184 42	114.54	6.86	25.73
9.29.	12 20.9	-2 15	149.87	31.93	185 41	101.35	6.82	25.82
9.30.	12 24.5	-2 39	149.83	31.94	186 40	88.15	6.77	25.89
10.01.	12 28.1	-3 02	149.79	31.95	187 39	74.95	6.73	25.97
10.02.	12 31.7	-3 25	149.75	31.96	188 38	61.76	6.68	26.03
10.03.	12 35.3	-3 48	149.71	31.96	189 37	48.56	6.63	26.09
10.04.	12 39.0	-4 12	149.66	31.97	190 36	35.37	6.58	26.14
10.05.	12 42.6	-4 35	149.62	31.98	191 35	22.17	6.53	26.18
10.06.	12 46.2	-4 58	149.58	31.99	192 34	8.98	6.47	26.22
10.07.	12 49.9	-5 21	149.54	32.00	193 33	355.79	6.41	26.25
10.08.	12 53.5	-5 44	149.49	32.01	194 32	342.59	6.35	26.27
10.09.	12 57.2	-6 07	149.45	32.02	195 32	329.40	6.29	26.28
10.10.	13 00.9	-6 30	149.41	32.03	196 31	316.21	6.23	26.29
10.11.	13 04.6	-6 52	149.36	32.04	197 30	303.02	6.16	26.29
10.12.	13 08.2	-7 15	149.32	32.05	198 30	289.83	6.10	26.28
10.13.	13 11.9	-7 37	149.28	32.06	199 29	276.63	6.03	26.27

dátum 0 ^h UT	RA h m	D ° ' "	r 10 ⁶ km	ϕ '	λ ° ' "	L _N °	B _N °	P _N °
10.14.	13 15.6	−8 00	149.23	32.07	200 28	263.44	5.96	26.25
10.15.	13 19.3	−8 22	149.19	32.08	201 28	250.25	5.89	26.22
10.16.	13 23.1	−8 44	149.15	32.09	202 27	237.06	5.81	26.18
10.17.	13 26.8	−9 06	149.10	32.09	203 27	223.87	5.74	26.14
10.18.	13 30.5	−9 28	149.06	32.10	204 26	210.68	5.66	26.08
10.19.	13 34.3	−9 50	149.02	32.11	205 26	197.49	5.58	26.02
10.20.	13 38.0	−10 12	148.98	32.12	206 25	184.30	5.50	25.96
10.21.	13 41.8	−10 33	148.93	32.13	207 25	171.11	5.41	25.88
10.22.	13 45.6	−10 55	148.89	32.14	208 25	157.92	5.33	25.80
10.23.	13 49.4	−11 16	148.85	32.15	209 24	144.73	5.24	25.71
10.24.	13 53.2	−11 37	148.81	32.16	210 24	131.54	5.16	25.61
10.25.	13 57.0	−11 58	148.77	32.17	211 24	118.35	5.07	25.50
10.26.	14 00.8	−12 18	148.73	32.17	212 24	105.16	4.98	25.39
10.27.	14 04.7	−12 39	148.69	32.18	213 24	91.98	4.88	25.27
10.28.	14 08.5	−12 59	148.65	32.19	214 23	78.79	4.79	25.14
10.29.	14 12.4	−13 19	148.61	32.20	215 23	65.60	4.69	25.00
10.30.	14 16.3	−13 39	148.57	32.21	216 23	52.41	4.60	24.85
10.31.	14 20.1	−13 59	148.54	32.22	217 23	39.23	4.50	24.70
11.01.	14 24.0	−14 18	148.50	32.23	218 23	26.04	4.40	24.54
11.02.	14 28.0	−14 37	148.46	32.23	219 23	12.86	4.30	24.37
11.03.	14 31.9	−14 56	148.42	32.24	220 23	359.67	4.19	24.19
11.04.	14 35.8	−15 15	148.38	32.25	221 23	346.48	4.09	24.01
11.05.	14 39.8	−15 33	148.35	32.26	222 24	333.30	3.98	23.82
11.06.	14 43.8	−15 52	148.31	32.27	223 24	320.11	3.88	23.62
11.07.	14 47.8	−16 10	148.27	32.27	224 24	306.93	3.77	23.41
11.08.	14 51.8	−16 27	148.23	32.28	225 24	293.75	3.66	23.19
11.09.	14 55.8	−16 45	148.20	32.29	226 24	280.56	3.55	22.97
11.10.	14 59.8	−17 02	148.16	32.30	227 25	267.38	3.44	22.74
11.11.	15 03.8	−17 19	148.13	32.31	228 25	254.19	3.33	22.50
11.12.	15 07.9	−17 35	148.09	32.31	229 25	241.01	3.21	22.25
11.13.	15 12.0	−17 51	148.05	32.32	230 26	227.83	3.10	22.00
11.14.	15 16.0	−18 07	148.02	32.33	231 26	214.64	2.98	21.74
11.15.	15 20.1	−18 23	147.99	32.34	232 26	201.46	2.87	21.47
11.16.	15 24.2	−18 38	147.95	32.34	233 27	188.28	2.75	21.19
11.17.	15 28.4	−18 53	147.92	32.35	234 27	175.09	2.63	20.90
11.18.	15 32.5	−19 08	147.89	32.36	235 28	161.91	2.51	20.61
11.19.	15 36.7	−19 22	147.85	32.37	236 28	148.73	2.39	20.31
11.20.	15 40.8	−19 36	147.82	32.37	237 29	135.55	2.27	20.01
11.21.	15 45.0	−19 49	147.79	32.38	238 29	122.36	2.15	19.69
11.22.	15 49.2	−20 03	147.76	32.39	239 30	109.18	2.03	19.37
11.23.	15 53.4	−20 15	147.73	32.39	240 31	96.00	1.91	19.04
11.24.	15 57.6	−20 28	147.71	32.40	241 31	82.82	1.78	18.71
11.25.	16 01.8	−20 40	147.68	32.40	242 32	69.64	1.66	18.37
11.26.	16 06.1	−20 52	147.65	32.41	243 33	56.46	1.53	18.02
11.27.	16 10.4	−21 03	147.63	32.42	244 33	43.28	1.41	17.66
11.28.	16 14.6	−21 14	147.60	32.42	245 34	30.10	1.28	17.30
11.29.	16 18.9	−21 24	147.58	32.43	246 35	16.92	1.16	16.94
11.30.	16 23.2	−21 35	147.55	32.43	247 36	3.74	1.03	16.56

dátum 0 ^h UT	RA h m	D ° '	r 10 ⁶ km	ϕ ° '	λ ° '	L_N °	B_N °	P_N °
12.01.	16 27.5	-21 44	147.53	32.44	248 36	350.56	0.90	16.18
12.02.	16 31.8	-21 54	147.50	32.44	249 37	337.38	0.78	15.79
12.03.	16 36.1	-22 02	147.48	32.45	250 38	324.20	0.65	15.40
12.04.	16 40.5	-22 11	147.46	32.45	251 39	311.03	0.52	15.00
12.05.	16 44.8	-22 19	147.44	32.46	252 40	297.85	0.39	14.60
12.06.	16 49.2	-22 27	147.41	32.46	253 41	284.67	0.27	14.19
12.07.	16 53.6	-22 34	147.39	32.47	254 42	271.50	0.14	13.78
12.08.	16 57.9	-22 40	147.37	32.47	255 43	258.32	0.01	13.36
12.09.	17 02.3	-22 47	147.35	32.48	256 44	245.14	-0.12	12.93
12.10.	17 06.7	-22 52	147.33	32.48	257 44	231.97	-0.25	12.50
12.11.	17 11.1	-22 58	147.31	32.48	258 45	218.79	-0.37	12.07
12.12.	17 15.5	-23 03	147.30	32.49	259 46	205.61	-0.50	11.63
12.13.	17 19.9	-23 07	147.28	32.49	260 47	192.44	-0.63	11.19
12.14.	17 24.3	-23 11	147.26	32.50	261 48	179.26	-0.76	10.75
12.15.	17 28.7	-23 15	147.25	32.50	262 49	166.09	-0.89	10.30
12.16.	17 33.2	-23 18	147.23	32.50	263 51	152.91	-1.01	9.84
12.17.	17 37.6	-23 20	147.22	32.51	264 52	139.74	-1.14	9.38
12.18.	17 42.0	-23 23	147.20	32.51	265 53	126.56	-1.27	8.92
12.19.	17 46.5	-23 24	147.19	32.51	266 54	113.39	-1.39	8.46
12.20.	17 50.9	-23 25	147.18	32.51	267 55	100.21	-1.52	7.99
12.21.	17 55.3	-23 26	147.17	32.52	268 56	87.04	-1.64	7.53
12.22.	17 59.8	-23 26	147.16	32.52	269 57	73.86	-1.77	7.05
12.23.	18 04.2	-23 26	147.15	32.52	270 58	60.69	-1.89	6.58
12.24.	18 08.6	-23 25	147.14	32.52	271 59	47.52	-2.02	6.10
12.25.	18 13.1	-23 24	147.13	32.52	273 00	34.35	-2.14	5.63
12.26.	18 17.5	-23 23	147.13	32.53	274 01	21.17	-2.26	5.15
12.27.	18 22.0	-23 21	147.12	32.53	275 02	8.00	-2.38	4.67
12.28.	18 26.4	-23 18	147.12	32.53	276 04	354.83	-2.51	4.18
12.29.	18 30.8	-23 15	147.11	32.53	277 05	341.66	-2.63	3.70
12.30.	18 35.3	-23 12	147.11	32.53	278 06	328.49	-2.75	3.22
12.31.	18 39.7	-23 08	147.11	32.53	279 07	315.32	-2.86	2.73

A Föld napközben: 1.02. 14^hA Föld naptávolban: 7.06. 04^h

A Carrington-rotációk kezdete

sorszám	hónap	nap	sorszám	hónap	nap
1985.	1.	7.052	1992.	7.	16.940
1986.	2.	3.393	1993.	8.	13.159
1987.	3.	2.731	1994.	9.	9.406
1988.	3.	30.042	1995.	10.	6.681
1989.	4.	26.311	1996.	11.	2.975
1990.	5.	23.538	1997.	11.	30.284
1991.	6.	19.740	1998.	12.	27.607

A Hold adatai

dátum 0 ^h UT	RA h m	D ° ′	Δ km	ø ′	fázis	C _N °	L _H °	B _H °	P _H °
1.01.	8 16.2	+22 47	366 500	32.61	0.967	113.25	-2.64	-3.77	14.14
1.02.	9 17.5	+19 54	365 500	32.70	0.913	125.38	-1.26	-5.07	18.61
1.03.	10 16.2	+15 46	365 700	32.68	0.835	137.51	0.17	-6.03	21.70
1.04.	11 12.0	+10 44	367 000	32.56	0.740	149.65	1.55	-6.60	23.30
1.05.	12 05.3	+5 09	369 100	32.38	0.632	161.79	2.80	-6.75	23.45
1.06.	12 56.0	-0 37	371 700	32.15	0.520	173.94	3.84	-6.47	22.31
1.07.	13 47.0	-6 16	374 700	31.89	0.408	186.10	4.64	-5.81	20.02
1.08.	14 39.2	-11 32	377 900	31.62	0.302	198.27	5.18	-4.83	16.74
1.09.	15 31.4	-16 08	381 200	31.35	0.208	210.44	5.47	-3.59	12.60
1.10.	16 24.9	-19 52	384 500	31.08	0.128	222.62	5.50	-2.17	7.76
1.11.	17 19.9	-22 32	387 800	30.81	0.067	234.80	5.32	-0.66	2.44
1.12.	18 15.6	-23 59	391 100	30.55	0.025	246.99	4.92	0.86	-3.07
1.13.	19 11.1	-24 09	394 400	30.30	0.003	259.18	4.33	2.31	-8.42
1.14.	20 05.4	-23 07	397 600	30.06	0.002	271.36	3.57	3.63	-13.25
1.15.	20 57.6	-20 59	400 400	29.84	0.021	283.55	2.65	4.77	-17.28
1.16.	21 47.3	-17 56	402 800	29.67	0.057	295.74	1.59	5.68	-20.34
1.17.	22 34.6	-14 10	404 500	29.54	0.109	307.93	0.42	6.33	-22.37
1.18.	23 19.8	-9 54	405 400	29.47	0.175	320.11	-0.84	6.71	-23.39
1.19.	0 03.6	-5 16	405 300	29.48	0.252	332.28	-2.13	6.79	-23.45
1.20.	0 46.9	-0 27	404 000	29.58	0.338	344.46	-3.40	6.59	-22.61
1.21.	1 30.4	+4 26	401 400	29.77	0.430	356.62	-4.60	6.10	-20.92
1.22.	2 15.2	+9 13	397 600	30.05	0.527	8.78	-5.64	5.34	-18.38
1.23.	3 02.2	+13 45	392 800	30.42	0.624	20.94	-6.44	4.32	-14.99
1.24.	3 52.4	+17 48	387 200	30.86	0.720	33.08	-6.93	3.07	-10.76
1.25.	4 46.3	+21 07	381 100	31.35	0.809	45.22	-7.04	1.62	-5.73
1.26.	5 44.2	+23 22	375 000	31.86	0.887	57.36	-6.72	0.04	-0.04
1.27.	6 45.6	+24 16	369 400	32.35	0.948	69.49	-5.94	-1.59	5.98
1.28.	7 48.8	+23 34	364 800	32.75	0.987	81.62	-4.73	-3.16	11.82
1.29.	8 52.0	+21 15	361 600	33.04	0.999	93.75	-3.15	-4.55	16.86
1.30.	9 53.5	+17 27	360 100	33.18	0.982	105.87	-1.31	-5.65	20.63
1.31.	10 52.3	+12 31	360 300	33.16	0.937	118.00	0.60	-6.36	22.86
2.01.	11 48.4	+6 51	362 100	33.00	0.867	130.14	2.44	-6.62	23.51
2.02.	12 42.2	+0 54	365 300	32.71	0.777	142.27	4.05	-6.44	22.72
2.03.	13 34.7	-5 00	369 400	32.35	0.673	154.42	5.32	-5.84	20.68
2.04.	14 26.8	-10 29	374 000	31.95	0.564	166.57	6.19	-4.90	17.58
2.05.	15 19.3	-15 19	378 800	31.54	0.454	178.73	6.67	-3.70	13.60
2.06.	16 12.6	-19 15	383 500	31.16	0.349	190.90	6.76	-2.33	8.90
2.07.	17 06.0	-22 08	387 900	30.80	0.253	203.07	6.54	-0.86	3.71
2.08.	18 01.0	-23 50	391 900	30.49	0.170	215.25	6.04	0.62	-1.73
2.09.	18 56.9	-24 18	395 500	30.21	0.102	227.44	5.34	2.05	-7.07
2.10.	19 50.0	-23 32	398 600	29.98	0.050	239.63	4.47	3.36	-12.00
2.11.	20 43.3	-21 40	401 200	29.78	0.017	251.82	3.48	4.50	-16.22
2.12.	21 33.3	-18 50	403 400	29.62	0.002	264.02	2.39	5.43	-19.53
2.13.	22 21.1	-15 14	405 000	29.51	0.006	276.21	1.22	6.11	-21.85
2.14.	23 06.8	-11 04	406 000	29.43	0.027	288.41	-0.01	6.53	-23.15
2.15.	23 50.0	-6 29	406 400	29.41	0.066	300.60	-1.29	6.65	-23.48

dátum 0 ^h UT	RA h m	D o ′	Δ km	$\varnothing$ ′	fázis	C_N o	L_H o	B_H o	P_H o
2.16.	0 34.2	−1 41	405 900	29.44	0.119	312.80	−2.58	6.50	−22.90
2.17.	1 17.4	+3 12	404 500	29.55	0.187	324.98	−3.86	6.06	−21.46
2.18.	2 01.3	+8 00	402 000	29.73	0.266	337.17	−5.08	5.36	−19.20
2.19.	2 46.8	+12 34	398 500	29.99	0.355	349.35	−6.17	4.42	−16.14
2.20.	3 34.7	+16 43	393 900	30.33	0.451	1.52	−7.06	3.26	−12.29
2.21.	4 25.9	+20 13	388 500	30.76	0.552	13.69	−7.66	1.92	−7.66
2.22.	5 20.8	+22 49	382 400	31.25	0.654	25.85	−7.91	0.44	−2.36
2.23.	6 19.2	+24 14	376 000	31.78	0.752	38.00	−7.71	−1.10	3.41
2.24.	7 20.4	+24 13	369 900	32.31	0.842	50.15	−7.01	−2.63	9.25
2.25.	8 22.9	+22 36	364 400	32.79	0.917	62.29	−5.81	−4.05	14.64
2.26.	9 25.0	+19 25	360 100	33.18	0.970	74.43	−4.14	−5.23	19.02
2.27.	10 25.5	+14 52	357 600	33.42	0.996	86.57	−2.13	−6.07	21.99
2.28.	11 23.8	+9 20	356 900	33.48	0.992	98.70	0.07	−6.47	23.36
3.01.	12 20.0	+3 13	358 300	33.35	0.958	110.84	2.23	−6.41	23.16
3.02.	13 14.8	−3 00	361 400	33.07	0.898	122.98	4.18	−5.90	21.55
3.03.	14 08.0	−8 55	365 900	32.66	0.815	135.13	5.74	−5.00	18.71
3.04.	15 03.1	−14 11	371 400	32.18	0.719	147.28	6.83	−3.81	14.88
3.05.	15 57.9	−18 32	377 200	31.68	0.614	159.44	7.42	−2.42	10.24
3.06.	16 53.2	−21 46	383 100	31.19	0.507	171.61	7.55	−0.94	5.05
3.07.	17 48.9	−23 47	388 600	30.75	0.404	183.79	7.28	0.54	−0.43
3.08.	18 44.3	−24 30	393 600	30.36	0.307	195.97	6.68	1.97	−5.85
3.09.	19 38.6	−23 59	397 700	30.05	0.220	208.16	5.83	3.27	−10.89
3.10.	20 31.1	−22 20	401 000	29.80	0.146	220.36	4.80	4.41	−15.27
3.11.	21 21.4	−19 42	403 600	29.61	0.085	232.56	3.65	5.33	−18.78
3.12.	22 09.3	−16 15	405 300	29.48	0.040	244.76	2.43	6.02	−21.32
3.13.	22 55.3	−12 10	406 300	29.41	0.012	256.97	1.17	6.44	−22.87
3.14.	23 39.7	−7 38	406 700	29.38	0.002	269.18	−0.11	6.59	−23.44
3.15.	0 23.1	−2 49	406 400	29.40	0.009	281.39	−1.38	6.45	−23.09
3.16.	1 06.2	+2 07	405 400	29.47	0.034	293.60	−2.65	6.03	−21.87
3.17.	1 49.8	+6 59	403 800	29.60	0.076	305.81	−3.87	5.35	−19.82
3.18.	2 34.7	+11 39	401 300	29.77	0.134	318.01	−5.03	4.43	−16.99
3.19.	3 21.6	+15 55	398 100	30.02	0.207	330.21	−6.08	3.30	−13.37
3.20.	4 11.2	+19 35	394 100	30.32	0.292	342.41	−6.95	2.00	−9.02
3.21.	5 03.9	+22 25	389 300	30.70	0.388	354.60	−7.59	0.58	−4.00
3.22.	5 59.8	+24 11	383 900	31.13	0.490	6.78	−7.91	−0.90	1.50
3.23.	6 58.3	+24 39	378 100	31.61	0.597	18.96	−7.83	−2.38	7.18
3.24.	7 58.5	+23 39	372 200	32.11	0.702	31.13	−7.30	−3.76	12.61
3.25.	8 58.0	+21 07	366 700	32.59	0.801	43.30	−6.27	−4.96	17.31
3.26.	9 58.7	+17 11	362 000	33.01	0.886	55.46	−4.77	−5.87	20.82
3.27.	10 56.0	+12 04	358 700	33.31	0.951	67.62	−2.88	−6.40	22.89
3.28.	11 53.8	+6 08	357 100	33.46	0.989	79.77	−0.74	−6.48	23.41
3.29.	12 49.5	−0 12	357 500	33.43	0.997	91.92	1.45	−6.10	22.42
3.30.	13 44.8	−6 29	359 800	33.22	0.976	104.07	3.49	−5.28	20.08
3.31.	14 40.4	−12 17	363 800	32.85	0.926	116.23	5.20	−4.11	16.57
4.01.	15 36.7	−17 13	369 100	32.38	0.855	128.39	6.47	−2.70	12.08
4.02.	16 33.9	−21 02	375 100	31.85	0.767	140.56	7.23	−1.17	6.89
4.03.	17 31.4	−23 33	381 500	31.33	0.669	152.73	7.50	0.39	1.31
4.04.	18 28.5	−24 42	387 600	30.83	0.567	164.91	7.33	1.87	−4.31

dátum 0 ^h UT	RA h m	D ° ′	Δ km	ø ′	fázis	C _N °	L _H °	B _H °	P _H °
4.05.	19 24.3	-24 30	393 100	30.39	0.466	177.10	6.77	3.23	-9.59
4.06.	20 18.1	-23 05	397 800	30.04	0.368	189.30	5.93	4.40	-14.22
4.07.	21 09.2	-20 38	401 500	29.76	0.278	201.50	4.87	5.35	-17.98
4.08.	21 57.8	-17 20	404 200	29.57	0.197	213.71	3.68	6.06	-20.76
4.09.	22 44.1	-13 21	405 800	29.45	0.128	225.92	2.41	6.50	-22.54
4.10.	23 28.6	-8 53	406 400	29.40	0.072	238.14	1.11	6.66	-23.35
4.11.	0 12.1	-4 05	406 200	29.42	0.031	250.36	-0.17	6.54	-23.22
4.12.	0 55.3	+0 53	405 200	29.49	0.008	262.59	-1.42	6.13	-22.22
4.13.	1 38.8	+5 51	403 600	29.60	0.002	274.81	-2.61	5.46	-20.38
4.14.	2 23.5	+10 39	401 500	29.76	0.014	287.04	-3.72	4.54	-17.72
4.15.	3 10.1	+15 06	398 900	29.96	0.045	299.26	-4.73	3.40	-14.28
4.16.	3 59.2	+18 59	395 800	30.19	0.095	311.49	-5.61	2.10	-10.10
4.17.	4 51.1	+22 03	392 200	30.47	0.161	323.71	-6.33	0.67	-5.24
4.18.	5 45.9	+24 06	388 200	30.78	0.243	335.92	-6.84	-0.81	0.13
4.19.	6 43.0	+24 54	383 700	31.14	0.338	348.13	-7.07	-2.28	5.71
4.20.	7 41.6	+24 19	379 000	31.53	0.443	0.34	-6.99	-3.66	11.13
4.21.	8 40.4	+22 17	374 200	31.93	0.553	12.53	-6.53	-4.87	15.95
4.22.	9 38.4	+18 53	369 600	32.33	0.663	24.73	-5.67	-5.82	19.75
4.23.	10 35.2	+14 17	365 500	32.69	0.768	36.91	-4.42	-6.42	22.27
4.24.	11 30.7	+8 45	362 400	32.98	0.860	49.09	-2.83	-6.63	23.35
4.25.	12 25.4	+2 38	360 500	33.15	0.932	61.26	-1.01	-6.38	22.99
4.26.	13 19.9	-3 41	360 200	33.18	0.980	73.43	0.90	-5.69	21.26
4.27.	14 15.0	-9 46	361 600	33.05	0.999	85.60	2.73	-4.60	18.27
4.28.	15 11.4	-15 14	364 600	32.77	0.989	97.77	4.32	-3.22	14.17
4.29.	16 09.2	-19 42	369 100	32.38	0.951	109.94	5.56	-1.65	9.18
4.30.	17 08.2	-22 53	374 500	31.90	0.891	122.12	6.38	-0.02	3.59
5.01.	18 07.3	-24 37	380 500	31.40	0.814	134.30	6.74	1.56	-2.22
5.02.	19 05.3	-24 55	386 600	30.91	0.725	146.49	6.67	3.02	-7.82
5.03.	20 01.2	-23 52	392 200	30.47	0.629	158.68	6.23	4.28	-12.81
5.04.	20 54.3	-21 40	397 100	30.09	0.531	170.88	5.46	5.32	-16.94
5.05.	21 44.3	-18 33	400 900	29.80	0.434	183.09	4.46	6.09	-20.05
5.06.	22 31.5	-14 42	403 600	29.61	0.341	195.30	3.30	6.58	-22.12
5.07.	23 16.6	-10 18	405 100	29.50	0.254	207.53	2.04	6.79	-23.19
5.08.	0 00.2	-5 33	405 500	29.47	0.177	219.75	0.75	6.71	-23.31
5.09.	0 43.3	-0 36	404 800	29.52	0.110	231.98	-0.51	6.34	-22.55
5.10.	1 26.7	+4 26	403 200	29.64	0.058	244.22	-1.70	5.70	-20.93
5.11.	2 11.1	+9 21	400 900	29.81	0.021	256.46	-2.79	4.80	-18.50
5.12.	2 57.4	+13 59	398 100	30.02	0.003	268.70	-3.75	3.67	-15.25
5.13.	3 46.3	+18 06	395 000	30.26	0.003	280.94	-4.54	2.36	-11.23
5.14.	4 38.0	+21 28	391 600	30.51	0.024	293.18	-5.17	0.91	-6.48
5.15.	5 32.7	+23 50	388 200	30.78	0.066	305.42	-5.60	-0.60	-1.17
5.16.	6 29.9	+24 58	384 700	31.06	0.128	317.65	-5.81	-2.11	4.43
5.17.	7 28.3	+24 43	381 200	31.35	0.208	329.88	-5.78	-3.53	9.94
5.18.	8 26.9	+23 02	377 800	31.63	0.303	342.11	-5.50	-4.78	14.89
5.19.	9 24.4	+19 59	374 400	31.91	0.409	354.33	-4.94	-5.78	18.91
5.20.	10 20.2	+15 45	371 300	32.18	0.522	6.55	-4.11	-6.45	21.70
5.21.	11 14.4	+10 36	368 600	32.42	0.635	18.75	-3.03	-6.74	23.15
5.22.	12 07.5	+4 47	366 500	32.61	0.743	30.95	-1.74	-6.61	23.23

dátum 0 ^h UT	RA h m	D ° '	Δ km	ϕ '	fázis	C_N °	L_H °	B_H °	P_H °
5.23.	13 00.2	-1 20	365 200	32.72	0.838	43.15	-0.31	-6.04	22.00
5.24.	13 53.5	-7 25	365 100	32.73	0.916	55.34	1.15	-5.09	19.54
5.25.	14 48.2	-13 05	366 100	32.64	0.969	67.52	2.55	-3.80	15.95
5.26.	15 44.7	-17 58	368 500	32.43	0.996	79.71	3.79	-2.28	11.36
5.27.	16 43.2	-21 45	372 000	32.12	0.997	91.89	4.76	-0.63	6.00
5.28.	17 42.8	-24 08	376 600	31.73	0.971	104.08	5.42	1.02	0.19
5.29.	18 42.3	-25 03	381 700	31.31	0.924	116.26	5.72	2.57	-5.62
5.30.	19 40.3	-24 30	387 000	30.87	0.858	128.46	5.67	3.95	-10.99
5.31.	20 35.6	-22 41	392 200	30.47	0.779	140.65	5.27	5.09	-15.54
6.01.	21 27.6	-19 48	396 800	30.12	0.691	152.86	4.57	5.97	-19.08
6.02.	22 16.5	-16 06	400 500	29.84	0.597	165.06	3.63	6.55	-21.53
6.03.	23 02.6	-11 50	403 000	29.65	0.502	177.28	2.51	6.85	-22.92
6.04.	23 46.8	-7 09	404 300	29.55	0.407	189.50	1.28	6.84	-23.33
6.05.	0 30.0	-2 13	404 400	29.55	0.316	201.73	0.02	6.54	-22.84
6.06.	1 13.1	+2 48	403 200	29.63	0.231	213.96	-1.22	5.97	-21.49
6.07.	1 56.0	+7 47	401 100	29.80	0.155	226.20	-2.37	5.13	-19.32
6.08.	2 42.6	+12 32	398 000	30.02	0.091	238.44	-3.37	4.05	-16.34
6.09.	3 30.7	+16 52	394 400	30.30	0.042	250.69	-4.18	2.77	-12.55
6.10.	4 21.0	+20 32	390 600	30.60	0.011	262.94	-4.75	1.33	-7.98
6.11.	5 16.5	+23 16	386 600	30.91	0.000	275.19	-5.08	-0.21	-2.76
6.12.	6 13.0	+24 48	382 900	31.21	0.012	287.44	-5.15	-1.75	2.88
6.13.	7 13.3	+24 56	379 500	31.49	0.047	299.69	-4.95	-3.23	8.54
6.14.	8 12.9	+23 35	376 600	31.73	0.104	311.94	-4.51	-4.55	13.75
6.15.	9 11.4	+20 49	374 100	31.94	0.182	324.18	-3.86	-5.62	18.06
6.16.	10 07.9	+16 49	372 200	32.10	0.277	336.41	-3.02	-6.37	21.16
6.17.	11 02.3	+11 51	370 800	32.23	0.385	348.65	-2.04	-6.73	22.91
6.18.	11 54.9	+6 15	369 800	32.31	0.499	0.87	-0.97	-6.69	23.30
6.19.	12 46.5	+0 17	369 300	32.35	0.613	13.09	0.14	-6.23	22.41
6.20.	13 38.2	-5 42	369 500	32.34	0.722	25.30	1.24	-5.39	20.33
6.21.	14 30.9	-11 22	370 200	32.28	0.819	37.50	2.27	-4.21	17.16
6.22.	15 25.4	-16 26	371 700	32.14	0.898	49.70	3.20	-2.78	12.99
6.23.	16 21.0	-20 32	374 000	31.95	0.956	61.90	3.96	-1.20	7.99
6.24.	17 20.4	-23 25	377 100	31.69	0.990	74.09	4.53	0.44	2.39
6.25.	18 19.7	-24 52	380 800	31.38	1.000	86.28	4.87	2.02	-3.42
6.26.	19 18.5	-24 52	385 100	31.03	0.986	98.47	4.95	3.47	-9.00
6.27.	20 15.2	-23 29	389 500	30.68	0.950	110.67	4.76	4.71	-13.92
6.28.	21 09.0	-20 56	393 800	30.34	0.897	122.86	4.30	5.68	-17.88
6.29.	21 59.5	-17 28	397 700	30.04	0.829	135.06	3.58	6.37	-20.74
6.30.	22 46.0	-13 19	400 900	29.81	0.749	147.27	2.65	6.75	-22.51
7.01.	23 32.1	-8 43	403 100	29.64	0.662	159.48	1.54	6.83	-23.26
7.02.	0 15.7	-3 50	404 100	29.57	0.570	171.70	0.32	6.62	-23.06
7.03.	0 58.6	+1 10	403 900	29.58	0.475	183.92	-0.95	6.13	-22.00
7.04.	1 41.0	+6 09	402 400	29.70	0.381	196.15	-2.20	5.37	-20.11
7.05.	2 26.6	+10 58	399 700	29.90	0.289	208.38	-3.34	4.37	-17.43
7.06.	3 13.5	+15 26	396 000	30.17	0.205	220.62	-4.30	3.17	-13.95
7.07.	4 03.4	+19 21	391 700	30.51	0.130	232.86	-5.02	1.79	-9.68
7.08.	4 56.8	+22 26	386 900	30.89	0.068	245.11	-5.43	0.29	-4.68
7.09.	5 53.6	+24 25	382 100	31.27	0.025	257.36	-5.51	-1.26	0.88

dátum 0 ^h UT	RA h m	D ° ′	Δ km	φ ′	fázis	C_N °	L_H ° ′	B_H °	P_H °
7.10.	6 53.2	+25 02	377 700	31.64	0.003	269.61	-5.23	-2.77	6.64
7.11.	7 53.9	+24 08	373 900	31.96	0.005	281.87	-4.61	-4.15	12.15
7.12.	8 54.2	+21 43	370 900	32.22	0.033	294.12	-3.71	-5.31	16.87
7.13.	9 52.7	+17 57	368 900	32.39	0.086	306.37	-2.58	-6.15	20.41
7.14.	10 48.8	+13 06	368 000	32.47	0.162	318.62	-1.33	-6.61	22.55
7.15.	11 42.6	+7 31	367 900	32.48	0.257	330.86	-0.05	-6.64	23.29
7.16.	12 34.8	+1 33	368 700	32.41	0.364	343.09	1.18	-6.26	22.68
7.17.	13 26.4	-4 27	370 000	32.30	0.478	355.32	2.28	-5.49	20.87
7.18.	14 18.3	-10 11	371 900	32.14	0.592	7.54	3.20	-4.39	17.98
7.19.	15 11.5	-15 20	374 100	31.94	0.700	19.75	3.94	-3.04	14.11
7.20.	16 06.5	-19 37	376 700	31.72	0.797	31.96	4.48	-1.52	9.40
7.21.	17 03.3	-22 46	379 600	31.48	0.877	44.16	4.82	0.06	4.06
7.22.	18 01.4	-24 36	382 800	31.22	0.939	56.35	4.97	1.61	-1.62
7.23.	18 59.6	-25 01	386 200	30.94	0.979	68.55	4.93	3.06	-7.23
7.24.	19 56.5	-24 04	389 800	30.66	0.998	80.74	4.70	4.32	-12.34
7.25.	20 51.1	-21 52	393 400	30.38	0.995	92.93	4.28	5.35	-16.62
7.26.	21 42.7	-18 39	396 800	30.11	0.972	105.12	3.65	6.11	-19.85
7.27.	22 31.2	-14 40	399 900	29.88	0.931	117.32	2.83	6.56	-21.99
7.28.	23 17.2	-10 09	402 400	29.69	0.874	129.52	1.83	6.72	-23.07
7.29.	0 01.4	-5 19	404 100	29.57	0.804	141.72	0.68	6.58	-23.18
7.30.	0 44.4	-0 19	404 700	29.52	0.724	153.92	-0.57	6.15	-22.40
7.31.	1 27.4	+4 40	404 200	29.56	0.636	166.13	-1.88	5.47	-20.79
8.01.	2 11.1	+9 32	402 500	29.69	0.543	178.35	-3.16	4.54	-18.41
8.02.	2 56.6	+14 05	399 500	29.91	0.447	190.57	-4.34	3.42	-15.25
8.03.	3 44.7	+18 09	395 400	30.22	0.350	202.79	-5.33	2.12	-11.32
8.04.	4 36.1	+21 31	390 500	30.60	0.258	215.03	-6.04	0.70	-6.64
8.05.	5 31.1	+23 54	385 000	31.04	0.173	227.26	-6.39	-0.80	-1.34
8.06.	6 29.4	+25 02	379 300	31.50	0.100	239.50	-6.34	-2.29	4.36
8.07.	7 29.0	+24 43	374 000	31.95	0.044	251.75	-5.84	-3.70	10.03
8.08.	8 31.2	+22 49	369 300	32.36	0.010	264.00	-4.90	-4.92	15.14
8.09.	9 31.4	+19 25	365 800	32.67	0.002	276.25	-3.60	-5.85	19.22
8.10.	10 29.7	+14 46	363 600	32.86	0.022	288.49	-2.02	-6.41	21.93
8.11.	11 25.7	+9 12	362 900	32.93	0.070	300.74	-0.33	-6.54	23.16
8.12.	12 19.8	+3 07	363 600	32.86	0.143	312.98	1.34	-6.24	22.94
8.13.	13 12.8	-3 05	365 600	32.69	0.236	325.22	2.85	-5.52	21.42
8.14.	14 05.6	-9 02	368 400	32.43	0.341	337.45	4.10	-4.45	18.75
8.15.	14 59.1	-14 25	371 900	32.13	0.453	349.67	5.04	-3.13	15.07
8.16.	15 53.8	-18 55	375 800	31.80	0.565	1.88	5.66	-1.65	10.53
8.17.	16 50.1	-22 19	379 700	31.47	0.672	14.09	5.98	-0.10	5.34
8.18.	17 47.4	-24 26	383 700	31.15	0.768	26.29	6.04	1.43	-0.23
8.19.	18 44.9	-25 10	387 500	30.84	0.850	38.49	5.86	2.85	-5.82
8.20.	19 41.5	-24 31	391 100	30.56	0.915	50.68	5.50	4.11	-11.02
8.21.	20 36.1	-22 37	394 400	30.30	0.962	62.87	4.96	5.14	-15.49
8.22.	21 27.0	-19 39	397 500	30.06	0.990	75.06	4.28	5.92	-18.99
8.23.	22 17.1	-15 52	400 300	29.85	0.998	87.24	3.44	6.41	-21.43
8.24.	23 03.6	-11 27	402 600	29.68	0.987	99.42	2.46	6.60	-22.81
8.25.	23 48.1	-6 39	404 400	29.55	0.959	111.61	1.36	6.50	-23.20
8.26.	0 31.4	-1 39	405 400	29.47	0.914	123.80	0.14	6.12	-22.68

dátum 0 ^h UT	RA h m	D ° '	Δ km	$\varnothing$ '	fázis	C_N °	L_H °	B_H °	P_H °
8.27.	1 14.2	+3 23	405 700	29.46	0.854	135.98	-1.17	5.47	-21.33
8.28.	1 57.5	+8 18	404 900	29.51	0.782	148.18	-2.52	4.60	-19.19
8.29.	2 41.0	+12 56	403 000	29.65	0.699	160.38	-3.84	3.52	-16.31
8.30.	3 28.6	+17 08	400 000	29.87	0.608	172.58	-5.06	2.28	-12.68
8.31.	4 17.0	+20 41	395 900	30.18	0.512	184.79	-6.10	0.92	-8.33
9.01.	5 10.6	+23 23	390 800	30.58	0.412	197.00	-6.87	-0.52	-3.34
9.02.	6 06.6	+24 58	385 000	31.04	0.313	209.22	-7.26	-1.96	2.13
9.03.	7 05.3	+25 12	378 900	31.54	0.219	221.44	-7.21	-3.35	7.75
9.04.	8 05.5	+23 56	372 800	32.06	0.135	233.67	-6.66	-4.58	13.07
9.05.	9 05.9	+21 07	367 300	32.54	0.067	245.90	-5.61	-5.58	17.60
9.06.	10 05.1	+16 54	362 900	32.93	0.021	258.14	-4.10	-6.25	20.92
9.07.	11 02.7	+11 33	359 900	33.20	0.002	270.37	-2.25	-6.50	22.79
9.08.	11 58.6	+5 26	358 800	33.31	0.013	282.61	-0.23	-6.29	23.15
9.09.	12 53.4	-1 00	359 400	33.25	0.054	294.85	1.79	-5.64	22.09
9.10.	13 47.8	-7 19	361 700	33.03	0.121	307.08	3.61	-4.61	19.73
9.11.	14 42.8	-13 07	365 400	32.70	0.209	319.30	5.11	-3.28	16.26
9.12.	15 38.7	-18 03	370 100	32.29	0.310	331.52	6.22	-1.77	11.84
9.13.	16 35.9	-21 51	375 200	31.85	0.419	343.74	6.90	-0.19	6.68
9.14.	17 33.9	-24 18	380 500	31.41	0.528	355.94	7.20	1.35	1.10
9.15.	18 31.9	-25 21	385 600	30.99	0.632	8.14	7.15	2.79	-4.55
9.16.	19 28.8	-24 59	390 200	30.62	0.728	20.33	6.81	4.06	-9.86
9.17.	20 23.6	-23 20	394 400	30.30	0.813	32.52	6.24	5.10	-14.50
9.18.	21 15.7	-20 35	397 900	30.03	0.883	44.70	5.48	5.89	-18.20
9.19.	22 04.0	-16 57	400 800	29.81	0.938	56.88	4.58	6.39	-20.88
9.20.	22 51.7	-12 40	403 100	29.64	0.975	69.05	3.55	6.60	-22.51
9.21.	23 36.4	-7 56	404 800	29.52	0.995	81.22	2.42	6.52	-23.14
9.22.	0 19.8	-2 56	405 900	29.44	0.997	93.39	1.20	6.15	-22.86
9.23.	1 02.6	+2 09	406 300	29.41	0.981	105.56	-0.08	5.52	-21.73
9.24.	1 45.6	+7 10	406 100	29.43	0.948	117.74	-1.42	4.66	-19.81
9.25.	2 29.7	+11 55	405 000	29.50	0.898	129.91	-2.77	3.59	-17.14
9.26.	3 15.4	+16 16	403 100	29.64	0.835	142.09	-4.09	2.37	-13.74
9.27.	4 03.5	+20 01	400 200	29.86	0.758	154.27	-5.31	1.02	-9.63
9.28.	4 54.5	+22 57	396 400	30.14	0.670	166.45	-6.36	-0.38	-4.89
9.29.	5 48.4	+24 51	391 700	30.51	0.574	178.64	-7.15	-1.80	0.34
9.30.	6 44.8	+25 32	386 200	30.94	0.471	190.83	-7.61	-3.16	5.80
10.01.	7 42.0	+24 49	380 200	31.43	0.367	203.03	-7.64	-4.40	11.13
10.02.	8 41.7	+22 38	374 000	31.95	0.265	215.24	-7.19	-5.43	15.89
10.03.	9 40.1	+19 01	368 100	32.46	0.171	227.45	-6.22	-6.17	19.65
10.04.	10 37.3	+14 09	363 000	32.91	0.092	239.67	-4.77	-6.54	22.11
10.05.	11 33.3	+8 19	359 300	33.26	0.035	251.89	-2.92	-6.47	23.14
10.06.	12 28.7	+1 54	357 200	33.45	0.005	264.11	-0.82	-5.95	22.70
10.07.	13 23.9	-4 41	357 100	33.46	0.006	276.33	1.33	-4.99	20.88
10.08.	14 19.9	-10 57	359 000	33.29	0.036	288.55	3.35	-3.68	17.80
10.09.	15 17.1	-16 29	362 600	32.96	0.095	300.77	5.08	-2.13	13.62
10.10.	16 15.9	-20 54	367 500	32.52	0.175	312.98	6.40	-0.48	8.54
10.11.	17 15.7	-23 56	373 200	32.02	0.269	325.19	7.27	1.16	2.88
10.12.	18 15.5	-25 26	379 300	31.50	0.372	337.39	7.70	2.68	-2.95
10.13.	19 14.2	-25 26	385 300	31.01	0.477	349.59	7.71	4.02	-8.52

dátum 0 ^h UT	RA h m	D ° ′	Δ km	φ ′	fázis	C_N °	L_H °	B_H °	P_H °
10.14.	20 10.4	-24 04	390 800	30.58	0.580	1.77	7.36	5.11	-13.42
10.15.	21 03.6	-21 31	395 600	30.21	0.677	13.95	6.73	5.94	-17.39
10.16.	21 53.6	-18 03	399 500	29.91	0.764	26.13	5.87	6.47	-20.31
10.17.	22 40.7	-13 53	402 500	29.69	0.841	38.29	4.83	6.71	-22.18
10.18.	23 25.6	-9 13	404 600	29.53	0.904	50.46	3.68	6.65	-23.04
10.19.	0 09.1	-4 15	405 900	29.44	0.952	62.62	2.44	6.31	-22.98
10.20.	0 51.8	+0 52	406 300	29.41	0.983	74.78	1.15	5.69	-22.06
10.21.	1 34.7	+5 57	406 100	29.42	0.998	86.93	-0.17	4.83	-20.34
10.22.	2 18.4	+10 50	405 300	29.48	0.995	99.09	-1.49	3.77	-17.86
10.23.	3 03.8	+15 21	403 800	29.59	0.974	111.24	-2.78	2.53	-14.63
10.24.	3 51.4	+19 18	401 700	29.74	0.936	123.40	-4.00	1.17	-10.70
10.25.	4 41.7	+22 29	399 000	29.95	0.880	135.55	-5.11	-0.25	-6.11
10.26.	5 34.6	+24 40	395 600	30.21	0.810	147.71	-6.06	-1.68	-1.02
10.27.	6 29.8	+25 41	391 500	30.52	0.725	159.88	-6.78	-3.05	4.35
10.28.	7 26.4	+25 22	386 900	30.89	0.630	172.05	-7.20	-4.30	9.65
10.29.	8 23.6	+23 40	381 700	31.31	0.526	184.23	-7.27	-5.36	14.48
10.30.	9 20.3	+20 36	376 200	31.76	0.417	196.41	-6.93	-6.16	18.47
10.31.	10 15.9	+16 17	370 800	32.22	0.310	208.59	-6.14	-6.62	21.32
11.01.	11 10.5	+10 57	365 900	32.66	0.208	220.79	-4.93	-6.68	22.86
11.02.	12 04.5	+4 51	361 800	33.03	0.121	232.99	-3.34	-6.31	23.04
11.03.	12 58.5	-1 37	359 100	33.27	0.053	245.19	-1.47	-5.50	21.85
11.04.	13 53.6	-8 05	358 200	33.36	0.012	257.40	0.52	-4.30	19.36
11.05.	14 50.4	-14 05	359 000	33.28	0.001	269.60	2.47	-2.79	15.66
11.06.	15 49.4	-19 11	361 800	33.03	0.019	281.81	4.22	-1.10	10.89
11.07.	16 50.4	-22 58	366 100	32.64	0.066	294.01	5.66	0.64	5.31
11.08.	17 52.3	-25 11	371 600	32.16	0.134	306.21	6.69	2.29	-0.68
11.09.	18 53.6	-25 46	377 700	31.64	0.219	318.41	7.28	3.76	-6.58
11.10.	19 52.6	-24 49	384 000	31.12	0.314	330.60	7.45	4.97	-11.90
11.11.	20 48.1	-22 33	389 900	30.65	0.414	342.78	7.21	5.90	-16.28
11.12.	21 39.0	-19 16	395 200	30.24	0.514	354.95	6.63	6.52	-19.57
11.13.	22 28.4	-15 12	399 500	29.91	0.611	7.12	5.78	6.82	-21.74
11.14.	23 14.0	-10 37	402 700	29.68	0.702	19.29	4.71	6.81	-22.87
11.15.	23 57.7	-5 41	404 700	29.53	0.785	31.44	3.50	6.51	-23.04
11.16.	0 40.5	-0 35	405 700	29.46	0.857	43.60	2.20	5.94	-22.35
11.17.	1 23.2	+4 32	405 700	29.46	0.916	55.74	0.87	5.11	-20.85
11.18.	2 06.6	+9 32	404 800	29.52	0.961	67.89	-0.44	4.07	-18.57
11.19.	2 51.6	+14 12	403 300	29.63	0.989	80.03	-1.70	2.84	-15.54
11.20.	3 38.9	+18 22	401 200	29.79	1.000	92.17	-2.86	1.47	-11.77
11.21.	4 28.9	+21 49	398 600	29.98	0.992	104.31	-3.90	0.03	-7.31
11.22.	5 21.6	+24 18	395 800	30.19	0.964	116.45	-4.78	-1.43	-2.28
11.23.	6 16.8	+25 38	392 600	30.44	0.918	128.59	-5.47	-2.85	3.08
11.24.	7 13.3	+25 39	389 100	30.71	0.854	140.73	-5.94	-4.14	8.44
11.25.	8 10.2	+24 17	385 400	31.01	0.773	152.88	-6.16	-5.25	13.39
11.26.	9 06.3	+21 34	381 400	31.33	0.679	165.04	-6.11	-6.10	17.55
11.27.	10 01.0	+17 39	377 300	31.67	0.574	177.19	-5.75	-6.63	20.64
11.28.	10 54.3	+12 43	373 300	32.01	0.463	189.36	-5.08	-6.79	22.51
11.29.	11 46.4	+7 02	369 400	32.35	0.351	201.53	-4.11	-6.55	23.10
11.30.	12 38.4	+0 52	366 100	32.64	0.245	213.71	-2.87	-5.89	22.41

dátum 0 ^h UT	RA h m	D ° '	Δ km	ϕ ° '	fázis	C_N °	L_H °	B_H °	P_H °
12.01.	13 31.1	-5 27	363 600	32.86	0.151	225.89	-1.42	-4.84	20.50
12.02.	14 25.5	-11 33	362 400	32.97	0.076	238.08	0.15	-3.46	17.39
12.03.	15 22.5	-17 01	362 600	32.96	0.025	250.27	1.74	-1.84	13.15
12.04.	16 22.3	-21 25	364 400	32.80	0.001	262.47	3.24	-0.11	7.94
12.05.	17 24.3	-24 24	367 600	32.51	0.007	274.66	4.54	1.61	2.06
12.06.	18 27.0	-25 44	372 100	32.11	0.038	286.85	5.55	3.20	-4.03
12.07.	19 28.5	-25 25	377 500	31.65	0.093	299.05	6.21	4.56	-9.77
12.08.	20 27.1	-23 36	383 300	31.18	0.165	311.23	6.47	5.63	-14.68
12.09.	21 21.7	-20 35	389 000	30.72	0.250	323.41	6.36	6.37	-18.48
12.10.	22 12.4	-16 40	394 300	30.31	0.342	335.59	5.88	6.78	-21.09
12.11.	22 59.7	-12 09	398 700	29.97	0.438	347.76	5.08	6.87	-22.58
12.12.	23 44.4	-7 15	402 000	29.73	0.534	359.92	4.04	6.64	-23.05
12.13.	0 27.6	-2 09	404 100	29.57	0.628	12.08	2.83	6.13	-22.61
12.14.	1 10.2	+2 59	404 900	29.51	0.716	24.23	1.51	5.37	-21.35
12.15.	1 53.2	+8 01	404 500	29.54	0.797	36.38	0.16	4.38	-19.32
12.16.	2 37.6	+12 48	403 100	29.65	0.867	48.52	-1.14	3.20	-16.53
12.17.	3 24.2	+17 09	400 800	29.82	0.925	60.65	-2.32	1.86	-12.99
12.18.	4 13.5	+20 52	397 800	30.04	0.968	72.79	-3.35	0.43	-8.72
12.19.	5 05.9	+23 41	394 500	30.29	0.993	84.92	-4.16	-1.04	-3.80
12.20.	6 01.2	+25 23	391 100	30.56	0.999	97.05	-4.75	-2.48	1.55
12.21.	6 58.4	+25 45	387 600	30.83	0.984	109.18	-5.08	-3.83	7.03
12.22.	7 56.2	+24 43	384 300	31.10	0.947	121.31	-5.15	-4.99	12.20
12.23.	8 53.3	+22 16	381 200	31.35	0.890	133.44	-4.98	-5.91	16.63
12.24.	9 48.8	+18 35	378 300	31.59	0.813	145.57	-4.59	-6.50	20.01
12.25.	10 42.2	+13 51	375 700	31.81	0.721	157.72	-4.01	-6.74	22.16
12.26.	11 34.0	+8 23	373 300	32.01	0.616	169.86	-3.26	-6.58	23.03
12.27.	12 24.9	+2 25	371 200	32.19	0.504	182.02	-2.37	-6.02	22.67
12.28.	13 15.9	-3 43	369 500	32.34	0.390	194.18	-1.38	-5.09	21.14
12.29.	14 07.0	-9 43	368 400	32.44	0.281	206.35	-0.31	-3.85	18.48
12.30.	15 02.2	-15 14	367 900	32.48	0.184	218.52	0.80	-2.35	14.75
12.31.	15 59.2	-19 55	368 300	32.44	0.103	230.70	1.90	-0.71	10.02

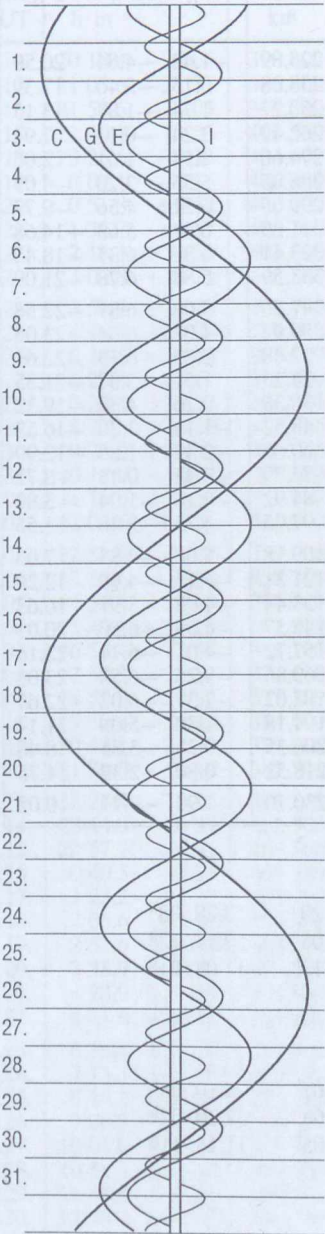
A Hold földközelen:

1.02. 07 ^h	1.30. 09 ^h	2.27. 20 ^h	3.28. 08 ^h
4.25. 16 ^h	5.23. 16 ^h	6.19. 08 ^h	7.14. 13 ^h
8.10. 23 ^h	9.08. 03 ^h	10.06. 13 ^h	11.04. 01 ^h
12.02. 09 ^h	12.30. 01 ^h		

A Hold földtávolban:

1.18. 09 ^h	2.14. 22 ^h	3.14. 01 ^h	4.10. 05 ^h
5.07. 19 ^h	6.04. 13 ^h	7.02. 08 ^h	7.30. 02 ^h
8.26. 18 ^h	9.23. 03 ^h	10.20. 05 ^h	11.16. 11 ^h
12.14. 04 ^h			

Jupiter-holdak – január

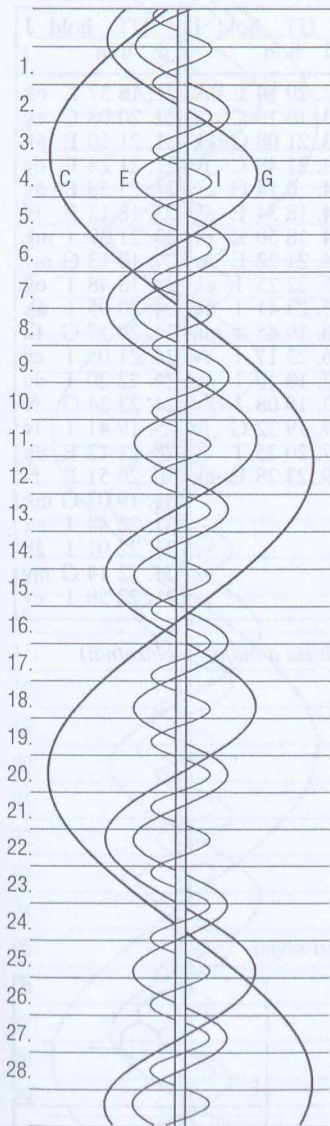


UT hold J			ÚT hold J			UT hold J		
d	h	m	d	h	m	d	h	m
2.	16 24	E ek	12.	3 09	G mk	22.	20 02	G ek
2.	16 29	E ák	12.	3 29	I mk	22.	20 54	I fv
2.	19 13	E ev	13.	0 37	I ek	22.	22 11	G ák
2.	19 17	E áv	13.	0 54	I ák	22.	23 07	G ev
4.	4 27	I ek	13.	2 51	I ev	23.	1 19	G áv
4.	4 31	I ák	13.	3 09	I áv	23.	17 28	I ev
4.	23 54	G mk	13.	21 55	I mk	23.	18 01	I áv
5.	1 45	I mk	14.	0 30	I fv	23.	23 11	E ek
5.	3 24	G fv	14.	1 50	C ek	24.	0 19	E ák
5.	4 07	I fv	14.	19 03	I ek	24.	1 59	E ev
5.	16 56	C mk	14.	19 23	I ák	24.	3 08	E áv
5.	20 59	C fv	14.	21 17	I ev	25.	17 18	E mk
5.	22 53	I ek	14.	21 38	I áv	25.	21 18	E fv
5.	23 00	I ák	15.	1 55	E mk	28.	1 25	I mk
6.	1 08	I ev	15.	16 44	G ek	28.	22 32	I ek
6.	1 15	I áv	15.	18 12	G ák	28.	23 12	I ák
6.	20 11	I mk	15.	18 59	I fv	29.	0 47	I ev
6.	22 35	I fv	15.	19 48	G ev	29.	1 27	I áv
7.	17 19	I ek	15.	21 19	G áv	29.	19 51	I mk
7.	17 29	I ák	16.	20 54	E ek	29.	22 49	I fv
7.	19 33	I ev	16.	21 42	E ák	29.	23 24	G ek
7.	19 44	I áv	16.	23 43	E ev	30.	2 10	G ák
7.	23 41	E mk	17.	0 31	E áv	30.	2 28	G ev
8.	2 49	E fv	18.	18 42	E fv	30.	16 59	I ek
8.	16 32	G ev	20.	2 21	I ek	30.	17 41	I ák
8.	17 04	I fv	20.	2 49	I ák	30.	19 11	C ev
8.	17 19	G áv	20.	23 40	I mk	30.	19 14	I ev
9.	18 39	E ek	21.	2 25	I fv	30.	19 56	I áv
9.	19 05	E ák	21.	20 47	I ek	30.	22 52	C ák
9.	21 27	E ev	21.	21 18	I ák	31.	1 30	E ek
9.	21 54	E áv	21.	23 02	I ev	31.	2 04	C áv
			21.	23 33	I áv	31.	2 56	E ák
			22.	18 06	I mk	31.	17 18	I fv

(A jelölések magyarázata a májusi táblázatnál)
A holdak fogyatkozási sávjai

I	E
G	C

Jupiter-holdak – február



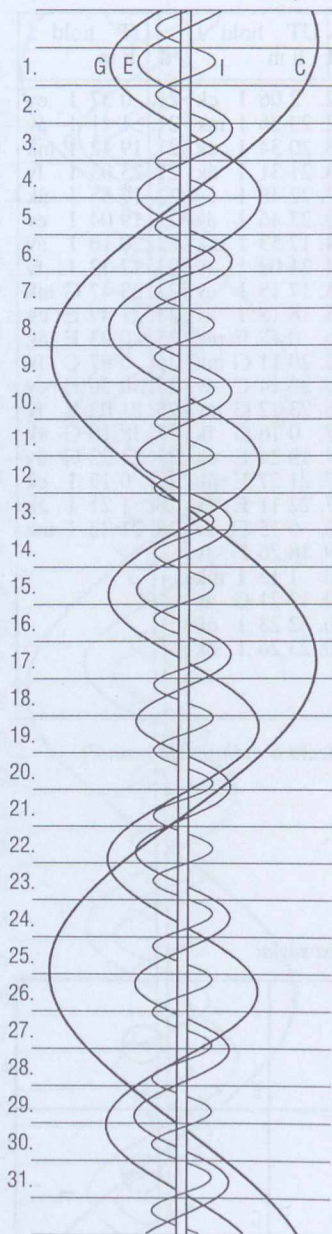
UT hold J d h m	UT hold J d h m	UT hold J d h m
1. 19 35 E mk	12. 2 06 I ek	21. 0 37 I ev
1. 23 54 E fv	12. 23 26 I mk	21. 1 41 I áv
2. 19 28 G fv	13. 20 34 I ek	21. 19 42 I mk
3. 17 27 E ev	13. 21 31 I ák	21. 23 03 I fv
3. 19 02 E áv	13. 22 48 I ev	22. 17 55 I ák
5. 0 19 I ek	13. 23 46 I áv	22. 19 04 I ev
5. 1 07 I ák	14. 17 53 I mk	22. 20 10 I áv
5. 2 33 I ev	14. 21 08 I fv	23. 17 32 I fv
5. 21 38 I mk	15. 17 15 I ev	23. 23 47 G mk
6. 0 44 I fv	15. 18 15 I áv	24. 21 49 E ek
6. 2 49 G ek	16. 0 17 E mk	25. 0 03 E ák
6. 18 46 I ek	16. 20 11 G mk	25. 0 07 C fk
6. 19 36 I ák	16. 20 14 C áv	25. 0 36 E ev
6. 21 00 I ev	16. 23 17 G mv	26. 21 03 E fv
6. 21 51 I áv	17. 0 16 G fk	27. 18 10 G ák
7. 19 13 I fv	17. 19 24 E ek	27. 21 22 G áv
7. 21 58 C mk	17. 21 27 E ák	28. 0 13 I ek
8. 0 53 C mv	17. 22 11 E ev	28. 1 21 I ák
8. 21 55 E mk	18. 0 15 E áv	28. 21 32 I mk
9. 2 31 E fv	19. 18 26 E fv	
9. 19 45 G mv	20. 1 15 I mk	
9. 20 17 G fk	20. 17 21 G áv	
9. 23 28 G fv	20. 22 23 I ek	
10. 18 50 E ák	20. 23 26 I ák	
10. 19 48 E ev		
10. 21 39 E áv		

(A jelölések magyarázata a májusi táblázatnál)

A holdak fogyatkozási sávjai

I	E
G	C

Jupiter-holdak – március



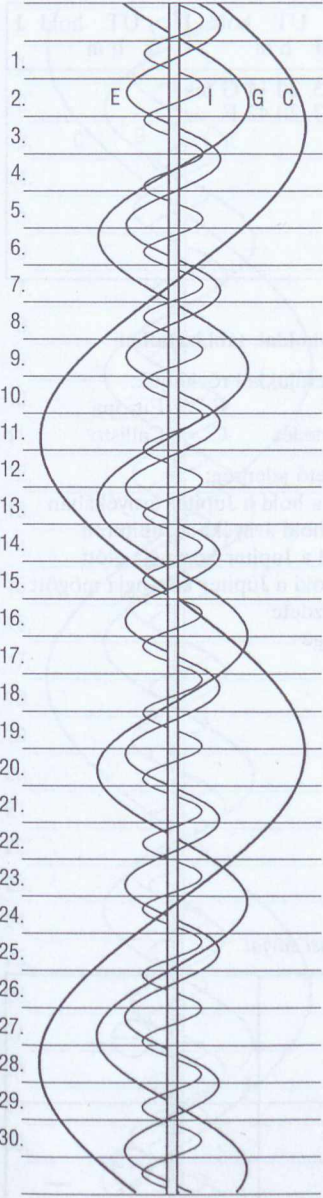
UT hold J d h m	UT hold J d h m	UT hold J d h m
1. 0 58 I fv	12. 20 54 E mk	21. 18 37 E ek
1. 18 41 I ek	13. 18 10 C fk	21. 20 08 C ev
1. 19 50 I ák	13. 21 08 G ek	21. 21 10 E ák
1. 20 55 I ev	13. 21 48 C fv	21. 21 24 E ev
1. 22 05 I áv	14. 0 14 G ev	21. 23 58 E áv
2. 19 27 I fv	14. 18 34 E ák	23. 18 13 E fv
4. 0 17 E ek	14. 18 50 E ev	23. 21 39 I mk
4. 23 49 C ek	14. 21 22 E áv	24. 18 13 G mv
5. 18 23 E mk	15. 22 25 I ek	24. 18 48 I ek
5. 23 40 E fv	15. 23 41 I ák	24. 20 05 I ák
6. 20 24 G ev	16. 19 45 I mk	24. 20 17 G fk
6. 22 10 G ák	16. 23 17 I fv	24. 21 03 I ev
7. 18 46 E áv	17. 18 10 I ák	24. 22 20 I áv
7. 23 24 I mk	17. 19 08 I ev	24. 23 34 G fv
8. 20 32 I ek	17. 19 32 G fv	25. 19 41 I fv
8. 21 45 I ák	17. 20 25 I áv	28. 21 12 E ek
8. 22 47 I ev	19. 23 28 E mk	30. 20 51 E fv
9. 0 00 I áv		31. 19 03 G mk
9. 17 52 I mk		31. 20 44 I ek
9. 21 22 I fv		31. 22 01 I ák
10. 18 29 I áv		31. 22 14 G mv
		31. 22 58 I ev

(A jelölések magyarázata a májusi táblázatnál)

A holdak fogyatkozási sávjai

I	E
G	C

Jupiter-holdak – április



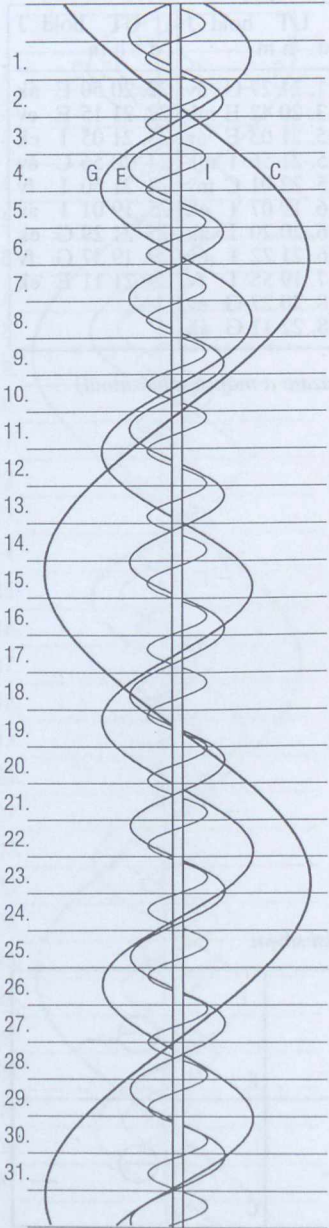
UT hold J		UT hold J		UT hold J	
d	h m	d	h m	d	h m
1.	21 37 I	fv	11.	21 27 G	áv
2.	18 45 I	áv	13.	20 42 E	mk
7.	22 40 I	ek	15.	21 03 E	áv
8.	19 59 I	mk	15.	21 56 I	mk
9.	19 24 I	ev	15.	22 01 C	mv
9.	20 40 I	áv	16.	19 07 I	ek
			16.	20 20 I	ák
			16.	21 22 I	ev
			17.	19 55 I	fv
			18.	20 27 G	ev
			18.	22 11 G	ák
			22.	20 50 E	ák
			22.	21 15 E	ev
			23.	21 05 I	ek
			24.	20 56 C	áv
			24.	21 50 I	fv
			25.	19 01 I	áv
			25.	21 29 G	ek
			29.	19 37 G	fv
			29.	21 11 E	ek

(A jelölések magyarázata a májusi táblázatnál)

A holdak fogyatkozási sávjai

I		E	
G		C	

Jupiter-holdak – május



UT hold J				UT hold J				UT hold J			
d	h	m		d	h	m		d	h	m	
1.	20	22	I	mk	13.	20	14	G	mk		
1.	20	42	E	fv	17.	20	42	E	áv		
2.	19	49	I	ev							
2.	20	56	I	áv							
6.	20	16	G	fk							
9.	19	33	I	ek							
9.	20	36	I	ák							
10.	20	09	I	fv							

Jelölések a Jupiter-holdak táblázataiban

A holdakat kezdőbetűjünkkel rövidítjük:

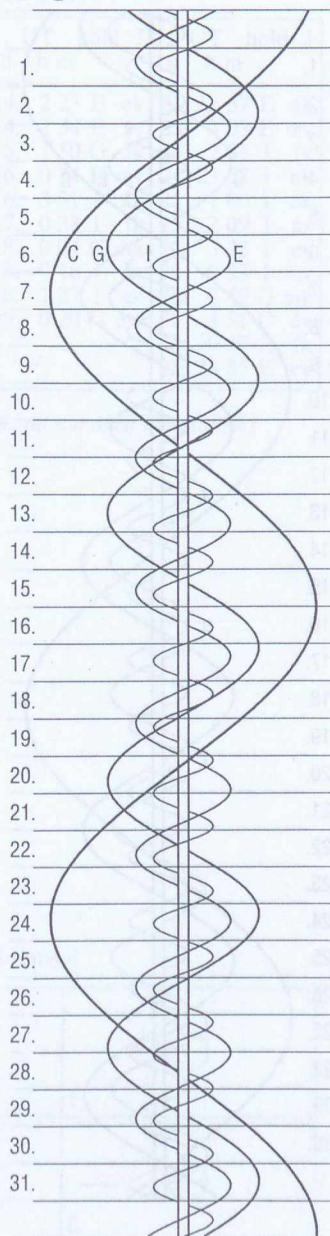
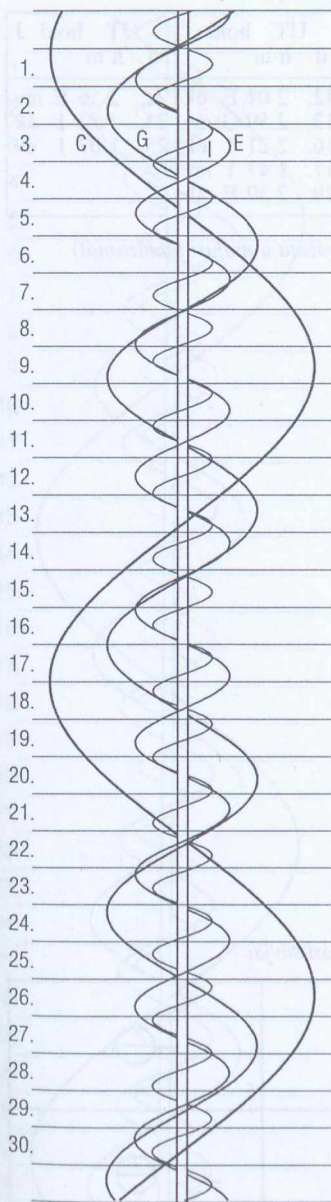
- I = Io
- E = Europa
- G = Ganymedes
- C = Callisto

- J = a megfigyelhető jelenség:
- 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

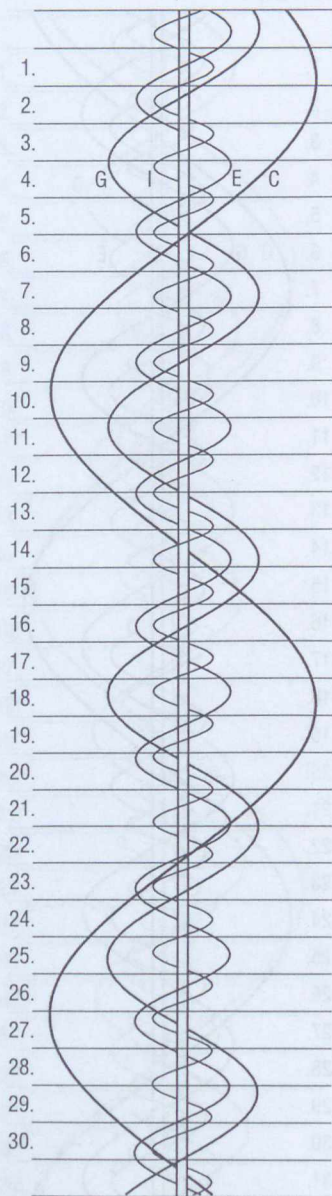
A holdak fogyatkozási sávjai

I		E	
G		C	

Jupiter-holdak – június, augusztus



Jupiter-holdak – szeptember



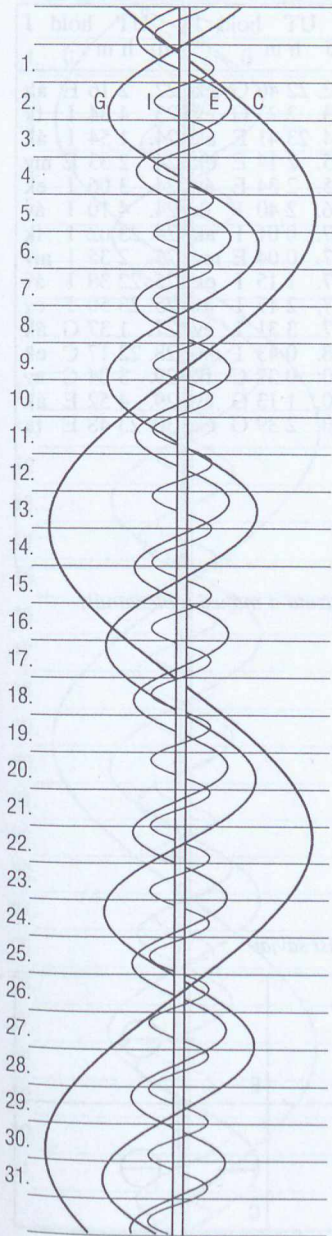
UT hold J d h m	UT hold J d h m	UT hold J d h m
5. 2 10 E ev	12. 2 04 E ek	21. 2 56 E mv
8. 2 13 I fk	13. 2 59 G mv	23. 3 22 I ák
9. 2 39 I ev	16. 2 21 I ek	25. 1 07 I ev
	17. 1 47 I mv	
	19. 2 59 E ák	

(A jelölések magyarázata a májusi táblázatnál)

A holdak fogyatkozási sávjai

I	E
G	C

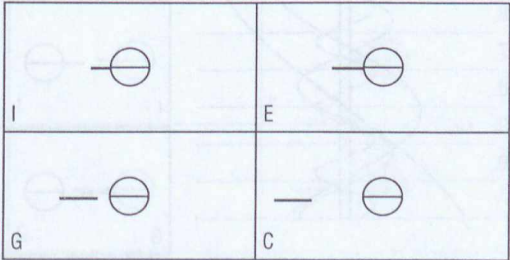
Jupiter-holdak – október



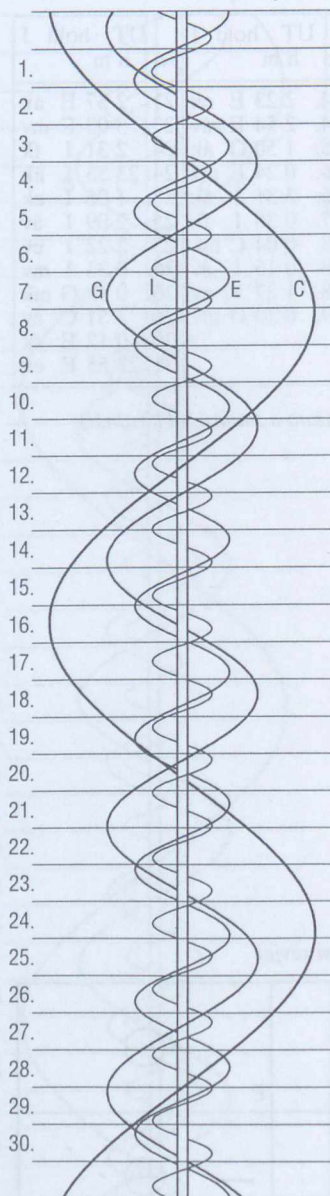
UT hold J		UT hold J		UT hold J	
d	h m	d	h m	d	h m
1.	1 43 G ev	14.	2 23 E ek	21.	2 37 E ák
1.	2 22 I fk	14.	2 54 E áv	23.	3 03 E mv
3.	0 47 I ek	15.	1 50 G ák	24.	2 31 I fk
4.	2 01 I áv	16.	0 24 E mv	24.	23 53 I ák
2.	3 04 I ev	16.	3 31 I ák	25.	1 06 I ek
5.	3 18 E fk	17.	0 38 I fk	25.	2 09 I áv
7.	2 33 E ev	18.	0 04 C mk	25.	3 22 I ev
8.	1 24 G áv	18.	0 16 I áv	26.	0 33 I mv
8.	2 22 G ek	18.	1 27 I ev	26.	0 49 G mk
9.	1 38 I ák	19.	0 20 G mv	26.	3 51 C áv
9.	2 45 I ek			30.	0 17 E fk
10.	2 11 I mv			31.	23 55 E ev

(A jelölések magyarázata a májusi táblázatnál)

A holdak fogyatkozási sávjai



Jupiter-holdak – november



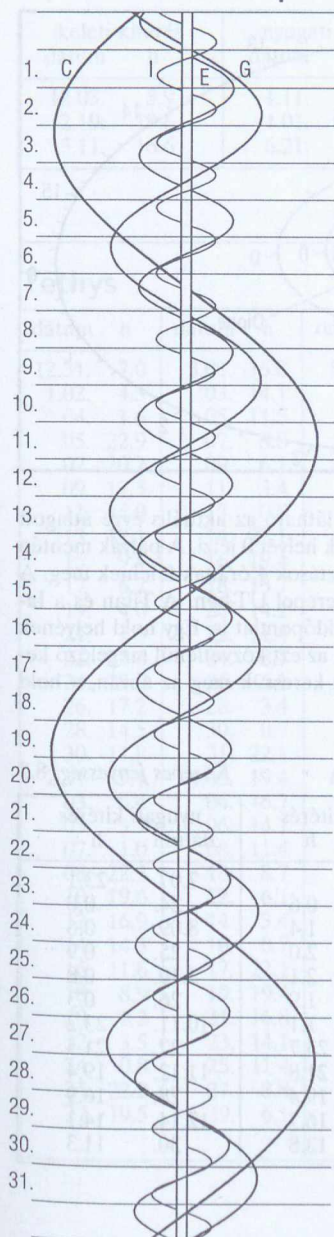
UT hold J		UT hold J		UT hold J	
d	h m	d	h m	d	h m
1.	1 46 I	12.	22 46 G	22.	2 16 E
2.	3 00 I	13.	2 23 G	23.	4 34 I
3.	4 02 I	14.	23 41 E	24.	1 54 I
4.	23 45 G	15.	2 14 E	24.	2 33 E
5.	2 28 I	16.	2 40 I	24.	3 06 I
6.	3 21 G	17.	0 01 I	24.	4 10 I
7.	23 45 I	17.	0 04 E	24.	23 02 I
8.	23 39 C	17.	1 15 I	25.	2 35 I
9.	2 51 E	17.	2 17 I	25.	22 38 I
10.	23 58 E	18.	0 43 I	25.	23 50 I
11.	2 32 E	20.	0 37 C	27.	1 37 G
12.	3 39 I	20.	2 39 G	28.	22 17 C
13.	0 47 I			29.	3 04 C
14.	3 43 G			29.	4 52 E
15.	4 22 I			30.	23 48 E
16.	9 23 I				
17.	0 24 I				
18.	1 39 I				
19.	22 50 I				

(A jelölések magyarázata a májusi táblázatnál)

A holdak fogyatkozási sávjai

I		E	
G		C	

Jupiter-holdak – december



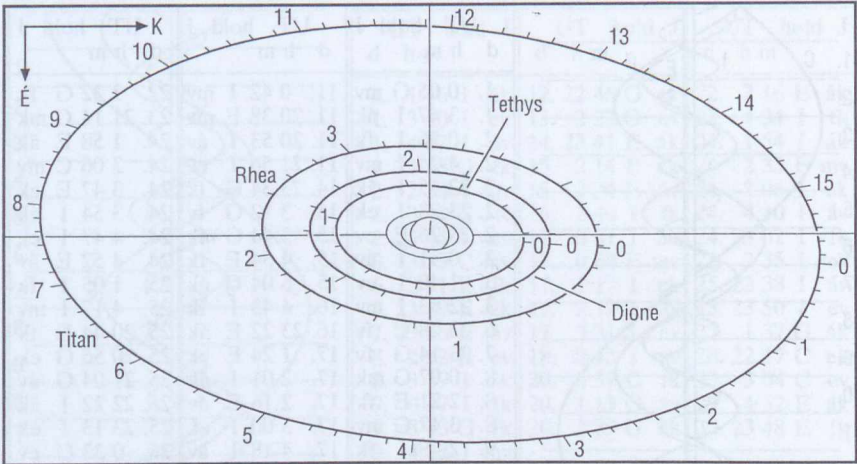
UT hold J		UT hold J		UT hold J	
d	h m	d	h m	d	h m
1.	0 05 G mv	11.	0 42 I mv	22.	3 32 G fk
1.	3 47 I ák	11.	20 38 E mv	23.	21 14 C mk
2.	0 56 I fk	11.	20 53 I áv	24.	1 58 E ák
2.	4 25 I mv	11.	21 56 I ev	24.	2 06 C mv
4.	22 15 I ák	14.	23 34 G fk	24.	3 47 E ek
5.	23 23 I ek	15.	3 12 G fv	24.	3 54 I ák
5.	23 26 E ev	15.	3 44 G mk	24.	4 47 I ek
6.	0 31 I áv	15.	4 54 E fk	24.	4 52 E áv
7.	1 40 I ev	15.	5 04 C ák	25.	1 05 I fk
3.	22 53 I mv	16.	4 43 I fk	25.	4 17 I mv
6.	23 28 C fv	16.	23 22 E ák	25.	20 44 E fk
7.	23 14 G fv	17.	1 24 E ek	25.	20 56 G ek
8.	0 07 G mk	17.	2 01 I ák	25.	21 04 G áv
8.	2 21 E fk	17.	2 16 E áv	25.	22 22 I ák
8.	3 47 G mv	17.	3 00 I ek	25.	23 13 I ek
9.	2 49 I fk	17.	4 18 I áv	26.	0 33 G ev
9.	20 46 E ák	17.	4 18 E ev	26.	0 39 I áv
9.	22 59 E ek	17.	23 12 I fk	26.	1 19 E mv
9.	23 40 E áv	18.	2 30 I mv	26.	1 30 I ev
10.	0 08 I ák	18.	20 29 I ák	26.	19 34 I fk
10.	1 12 I ek	18.	21 03 G ev	26.	22 44 I mv
10.	1 53 E ev	18.	21 27 I ek	27.	19 51 E ev
10.	2 24 I áv	18.	22 46 I áv	27.	19 56 I ev
10.	3 29 I ev	18.	22 59 E mv	31.	4 34 E ák
10.	21 18 I fk	18.	23 43 I ev	31.	23 01 C ák
		19.	20 57 I mv		

(A jelölések magyarázata a májusi táblázatnál)

A holdak fogyatkozási sávjai

I		E	
G		C	

A Szaturnusz-holdak



Az ábrán a legfényesebb Szaturnusz-holdak pályája látható az aktuális évre átlagolt rálátási szögben. A holdak legnagyobb keleti kitérésének helyét 0 jelzi. A pályák mentén leolvasható a kitéréstől eltelt napok száma, a kisebb osztások 4 órának felelnek meg. A táblázatokban a legnagyobb keleti kitérés időpontja szerepel UT-ben. A Titan és a Iapetus esetében megadtuk a legnagyobb nyugati kitérés időpontját is. Egy hold helyének meghatározásához a megfigyelés időpontjából vonjuk ki az ezt közvetlenül megelőző keleti kitérés időpontját, és az így kapott időkülönbséget keressük meg az ábrán, a hold pályája mentén felrajzolt időskálán.

Titan

Közepes fényesség: 8.3

keleti kitérés		nyugati kitérés		keleti kitérés		nyugati kitérés	
dátum	h	dátum	h	dátum	h	dátum	h
1.04.	23.2	1.12.	21.8			7.07.	23.1
20.	21.0	28.	19.9	7.16.	0.6	24.	0.0
2.05.	19.4	2.13.	18.5	8.01.	1.4	8.09.	0.6
21.	18.3	3.01.	17.7	17.	2.0	25.	0.9
3.09.	17.8	17.	17.4	9.02.	2.1	9.10.	0.8
25.	17.8	4.02.	17.6	18.	1.9	26.	0.3
4.10.	18.2	18.	18.1	10.04.	1.1	10.11.	23.2
26.	19.0	5.04.	18.9	19.	23.7	27.	21.5
5.12.	20.0	20.	19.9	11.04.	21.8	11.12.	19.4
28.	21.1	6.05.	21.0	20.	19.4	28.	16.9
6.13.	22.3	21.	22.1	12.06.	16.7	12.14.	14.1
29.	23.5			22.	13.8	30.	11.3

Iapetus

Közepes fényesség: 11.1

keleti kitérés dátum h	nyugati kitérés dátum h	keleti kitérés dátum h	nyugati kitérés dátum h
12.03. 5.9	1.11. 12.8	8.01. 8.1	9.10. 19.3
2.19. 19.6	4.01. 6.2	10.20. 14.2	11.28. 21.1
5.11. 16.6	6.21. 16.9		

Tethys

Közepes fényesség: 10.2

dátum h	dátum h	dátum h	dátum h	dátum h	dátum h
12.31. 7.0	3.01. 16.8	5.01. 3.5	7.02. 11.7	9.02. 19.7	11.02. 5.5
1.02. 4.3	03. 14.1	03. 0.8	04. 9.1	04. 17.0	04. 2.8
04. 1.6	05. 11.5	04. 22.1	06. 6.4	06. 14.3	06. 0.1
05. 22.9	07. 8.8	06. 19.5	08. 3.8	08. 11.7	07. 21.4
07. 20.2	09. 6.1	08. 16.8	10. 1.1	10. 9.0	09. 18.7
09. 17.5	11. 3.4	10. 14.2	11. 22.4	12. 6.3	11. 16.0
11. 14.8	13. 0.8	12. 11.5	13. 19.8	14. 3.6	13. 13.3
13. 12.1	14. 22.1	14. 8.9	15. 17.1	16. 0.9	15. 10.6
15. 9.4	16. 19.4	16. 6.2	17. 14.4	17. 22.2	17. 7.9
17. 6.7	18. 16.7	18. 3.5	19. 11.8	19. 19.5	19. 5.2
19. 4.0	20. 14.1	20. 0.9	21. 9.1	21. 16.9	21. 2.4
21. 1.3	22. 11.4	21. 22.2	23. 6.5	23. 14.2	22. 23.7
22. 22.6	24. 8.7	23. 19.6	25. 3.8	25. 11.5	24. 21.0
24. 19.9	26. 6.1	25. 16.9	27. 1.1	27. 8.8	26. 18.3
26. 17.2	28. 3.4	27. 14.3	28. 22.5	29. 6.1	28. 15.6
28. 14.5	30. 0.7	29. 11.6	30. 19.8	10.01. 3.4	30. 12.9
30. 11.8	31. 22.1	31. 8.9	8.01. 17.1	03. 0.7	12.02. 10.2
2.01. 9.1	4.02. 19.4	6.02. 6.3	03. 14.5	04. 22.0	04. 7.4
03. 6.4	04. 16.7	04. 3.6	05. 11.8	06. 19.3	06. 4.7
05. 3.7	06. 14.1	06. 1.0	07. 9.1	08. 16.6	08. 2.0
07. 1.0	08. 11.4	07. 22.3	09. 6.5	10. 13.9	09. 23.3
08. 22.3	10. 8.7	09. 19.6	11. 3.8	12. 11.3	11. 20.6
10. 19.6	12. 6.1	11. 17.0	13. 1.1	14. 8.6	13. 17.9
12. 16.9	14. 3.4	13. 14.3	14. 22.4	16. 5.9	15. 15.2
14. 14.3	16. 0.7	15. 11.7	16. 19.8	18. 3.2	17. 12.4
16. 11.6	17. 22.1	17. 9.0	18. 17.1	20. 0.5	19. 9.7
18. 8.9	19. 19.4	19. 6.4	20. 14.4	21. 21.8	21. 7.0
20. 6.2	21. 16.8	21. 3.7	22. 11.8	23. 19.1	23. 4.3
22. 3.5	23. 14.1	23. 1.0	24. 9.1	25. 16.4	25. 1.6
24. 0.8	25. 11.4	24. 22.4	26. 6.4	27. 13.6	26. 22.9
25. 22.2	27. 8.8	26. 19.7	28. 3.7	29. 10.9	28. 20.2
27. 19.5	29. 6.1	28. 17.1	30. 1.0	31. 8.2	30. 17.4
		30. 14.4	31. 22.4		

Dione

Közepes fényesség: 10.4

dátum	h	dátum	h	dátum	h	dátum	h	dátum	h	dátum	h
12.31.	4.2	3.01.	9.2	5.03.	9.2	7.02.	15.9	9.03.	15.8	11.02.	21.0
1.02.	21.9	04.	2.9	06.	3.0	05.	9.6	06.	9.6	05.	14.6
05.	15.5	06.	20.7	08.	20.7	08.	3.4	09.	3.3	08.	8.3
08.	9.2	09.	14.4	11.	14.5	10.	21.1	11.	21.0	11.	1.9
11.	2.8	12.	8.1	14.	8.2	13.	14.9	14.	14.7	13.	19.6
13.	20.5	15.	1.8	17.	2.0	16.	8.6	17.	8.4	16.	13.2
16.	14.2	17.	19.6	19.	19.7	19.	2.4	20.	2.1	19.	6.9
19.	7.8	20.	13.3	22.	13.5	21.	20.1	22.	19.8	22.	0.5
22.	1.5	23.	7.0	25.	7.3	24.	13.9	25.	13.5	24.	18.2
24.	19.2	26.	0.8	28.	1.0	27.	7.6	28.	7.2	27.	11.8
27.	12.9	28.	18.5	30.	18.8	30.	1.4	10.01.	0.9	30.	5.5
30.	6.6	31.	12.2	6.02.	12.5	8.01.	19.1	03.	18.6	12.02.	23.1
2.02.	0.2	4.03.	6.0	05.	6.3	04.	12.8	06.	12.3	05.	16.7
04.	17.9	05.	23.7	08.	0.1	07.	6.6	09.	5.9	08.	10.4
07.	11.6	08.	17.5	10.	17.8	10.	0.3	11.	23.6	11.	4.0
10.	5.3	11.	11.2	13.	11.6	12.	18.0	14.	17.3	13.	21.7
12.	23.0	14.	4.9	16.	5.3	15.	11.8	17.	11.0	16.	15.3
15.	16.7	16.	22.7	18.	23.1	18.	5.5	20.	4.6	19.	8.9
18.	10.4	19.	16.4	21.	16.8	20.	23.2	22.	22.3	22.	2.6
21.	4.1	22.	10.2	24.	10.6	23.	17.0	25.	16.0	24.	20.2
23.	21.8	25.	3.9	27.	4.4	26.	10.7	28.	9.6	27.	13.9
26.	15.5	27.	21.7	29.	22.1	29.	4.4	31.	3.3	30.	7.5
		30.	15.5			31.	22.1				

Rhea

Közepes fényesség: 9.7

dátum	h	dátum	h	dátum	h	dátum	h	dátum	h	dátum	h
1.02.	2.1	3.01.	19.4	5.04.	3.2	7.01.	23.2	9.03.	7.2	11.01.	0.8
06.	14.4	06.	7.9	08.	15.8	06.	11.9	07.	19.7	05.	13.2
11.	2.8	10.	20.4	13.	4.5	11.	0.5	12.	8.2	10.	1.5
15.	15.1	15.	8.9	17.	17.1	15.	13.1	16.	20.7	14.	13.9
20.	3.5	19.	21.5	22.	5.7	20.	1.7	21.	9.2	19.	2.2
24.	15.9	24.	10.0	26.	18.3	24.	14.2	25.	21.6	23.	14.5
29.	4.3	28.	22.6	31.	6.9	29.	2.8	30.	10.1	28.	2.8
2.02.	16.7	4.02.	11.1	6.04.	19.5	8.02.	15.4	10.04.	22.5	12.02.	15.1
07.	5.1	06.	23.7	09.	8.2	07.	4.0	09.	10.9	07.	3.4
11.	17.5	11.	12.3	13.	20.8	11.	16.5	13.	23.3	11.	15.7
16.	6.0	16.	0.8	18.	9.4	16.	5.1	18.	11.7	16.	4.0
20.	18.5	20.	13.4	22.	22.0	20.	17.6	23.	0.1	20.	16.3
25.	6.9	25.	2.0	27.	10.6	25.	6.2	27.	12.5	25.	4.6
		29.	14.6			29.	18.7			29.	16.9

Kisbolygók

1 Ceres

szembenállás: 10.04.

dátum 0 ^h UT	RA h m	D ° '	m	dátum 0 ^h UT	RA h m	D ° '	m	dátum 0 ^h UT	RA h m	D ° '	m
6.05	00 39.7	-06 24	9.2	8.19	01 27.2	-05 40	8.4	11.02	00 41.0	-10 22	8.0
10	00 45.1	-06 02	9.2	24	01 26.8	-06 01	8.3	07	00 38.2	-10 15	8.1
15	00 50.3	-05 43	9.2	29	01 25.8	-06 24	8.2	12	00 35.9	-10 04	8.2
20	00 55.2	-05 26	9.1	9.03	01 24.2	-06 49	8.1	17	00 34.2	-09 48	8.3
25	00 59.9	-05 11	9.1	08	01 22.0	-07 15	8.0	22	00 33.0	-09 28	8.3
30	01 04.3	-04 59	9.0	13	01 19.4	-07 42	7.9	27	00 32.4	-09 05	8.4
7.05	01 08.4	-04 50	9.0	18	01 16.2	-08 09	7.8	12.02	00 32.4	-08 38	8.5
10	01 12.2	-04 43	8.9	23	01 12.7	-08 36	7.7	07	00 32.9	-08 07	8.6
15	01 15.6	-04 40	8.9	28	01 08.8	-09 01	7.6	12	00 34.0	-07 34	8.6
20	01 18.7	-04 39	8.8	10.03	01 04.6	-09 24	7.6	17	00 35.6	-06 58	8.7
25	01 21.3	-04 42	8.7	08	01 00.4	-09 44	7.6	22	00 37.7	-06 20	8.8
30	01 23.5	-04 47	8.7	13	00 56.1	-10 00	7.6	27	00 40.3	-05 40	8.8
8.04	01 25.2	-04 56	8.6	18	00 51.9	-10 13	7.7	32	00 43.2	-04 58	8.9
09	01 26.4	-05 08	8.5	23	00 48.0	-10 20	7.8				
14	01 27.1	-05 23	8.4	28	00 44.3	-10 23	7.9				

2 Pallas

szembenállás: 8.12.

dátum 0 ^h UT	RA h m	D ° '	m	dátum 0 ^h UT	RA h m	D ° '	m	dátum 0 ^h UT	RA h m	D ° '	m
6.10	21 24.3	+15 30	10.1	7.30	21 01.8	+14 56	9.5	9.18	20 31.1	+06 08	9.7
15	21 24.0	+15 47	10.0	8.04	20 58.0	+14 22	9.4	23	20 30.2	+05 07	9.7
20	21 23.1	+16 02	10.0	09	20 54.1	+13 41	9.4	28	20 29.7	+04 08	9.8
25	21 21.9	+16 12	9.9	14	20 50.2	+12 56	9.4	10.03	20 29.7	+03 10	9.9
30	21 20.2	+16 18	9.8	19	20 46.5	+12 05	9.4	08	20 30.3	+02 16	9.9
7.05	21 18.0	+16 18	9.8	24	20 43.0	+11 11	9.4	13	20 31.4	+01 24	10.0
10	21 15.4	+16 14	9.7	29	20 39.8	+10 13	9.4	18	20 32.9	+00 35	10.0
15	21 12.4	+16 04	9.6	9.03	20 37.0	+09 13	9.5	23	20 34.9	-00 10	10.1
20	21 09.1	+15 47	9.6	08	20 34.6	+08 12	9.5	28	20 37.4	-00 51	10.1
25	21 05.6	+15 25	9.5	13	20 32.6	+07 10	9.6				

3 Juno

szembenállás: 2.11.

dátum 0 ^h UT	RA h m	D ° '	m	dátum 0 ^h UT	RA h m	D ° '	m	dátum 0 ^h UT	RA h m	D ° '	m
1.01	09 50.6	-00 08	8.9	2.10	09 25.2	+04 06	8.3	3.22	09 04.1	+10 27	9.2
06	09 49.3	+00 02	8.8	15	09 21.0	+04 58	8.4	27	09 04.2	+11 00	9.4
11	09 47.3	+00 19	8.7	20	09 17.0	+05 50	8.5	4.01	09 05.0	+11 29	9.5
16	09 44.7	+00 43	8.6	25	09 13.4	+06 43	8.6	06	09 06.4	+11 54	9.6
21	09 41.4	+01 13	8.6	3.02	09 10.8	+07 34	8.7	11	09 08.4	+12 14	9.7
26	09 37.8	+01 49	8.5	07	09 07.8	+08 22	8.9	16	09 11.0	+12 30	9.8
31	09 33.7	+02 30	8.4	12	09 05.8	+09 08	9.0	21	09 14.1	+12 42	9.9
2.05	09 29.5	+03 16	8.4	17	09 04.6	+09 49	9.1				

4 Vesta

szembenállás: 2001.11.27.

dátum 0 ^h UT	RA h m	D ° '	m	dátum 0 ^h UT	RA h m	D ° '	m	dátum 0 ^h UT	RA h m	D ° '	m
1.01	03 49.8	+14 36	7.1	2.10	03 54.2	+17 11	7.8	3.22	04 35.1	+20 33	8.3
06	03 47.8	+14 49	7.2	15	03 57.7	+17 36	7.9	27	04 41.9	+20 56	8.3
11	03 46.6	+15 04	7.3	20	04 01.7	+18 02	8.0	4.01	04 49.0	+21 18	8.3
16	03 46.1	+15 21	7.4	25	04 06.2	+18 27	8.0	06	04 56.4	+21 39	8.4
21	03 46.4	+15 41	7.5	3.02	04 11.2	+18 53	8.1	11	05 04.0	+21 58	8.4
26	03 47.4	+16 01	7.6	07	04 16.6	+19 19	8.1	16	05 11.9	+22 16	8.4
31	03 49.0	+16 23	7.7	12	04 22.4	+19 44	8.2				
2.05	03 51.3	+16 47	7.8	17	04 28.6	+20 09	8.2				
10.13	10 39.0	+12 11	8.3	11.12	11 27.6	+08 16	8.1	12.12	12 10.7	+05 04	7.8
18	10 47.4	+11 30	8.2	17	11 35.2	+07 40	8.1	17	12 17.1	+04 40	7.8
23	10 55.7	+10 50	8.2	22	11 42.7	+07 05	8.0	22	12 23.3	+04 18	7.7
28	11 03.8	+10 11	8.2	27	11 50.0	+06 32	8.0	27	12 29.1	+03 59	7.6
11.02	11 11.9	+09 32	8.2	12.02	11 57.1	+06 01	7.9	32	12 34.6	+03 43	7.6
07	11 19.8	+08 54	8.1	07	12 04.0	+05 31	7.9				

6 Hebe

szembenállás: 7.01.

dátum 0 ^h UT	RA h m	D ° '	m	dátum 0 ^h UT	RA h m	D ° '	m	dátum 0 ^h UT	RA h m	D ° '	m
5.01	19 02.9	-06 52	10.1	6.25	18 44.4	-06 20	8.9	8.19	18 06.5	-13 39	9.4
06	19 04.5	-06 34	10.0	30	18 39.6	-06 44	8.8	24	18 06.9	-14 25	9.5
11	19 05.4	-06 17	9.9	7.05	18 34.6	-07 12	8.8	29	18 08.1	-15 09	9.6
16	19 05.7	-06 03	9.8	10	18 29.7	-07 46	8.8	9.03	18 10.1	-15 52	9.6
21	19 05.3	-05 51	9.7	15	18 24.9	-08 23	8.9	08	18 12.8	-16 33	9.7
26	19 04.2	-05 42	9.6	20	18 20.4	-09 03	8.9	13	18 16.3	-17 12	9.8
31	19 02.4	-05 37	9.5	25	18 16.4	-09 46	9.0	18	18 20.4	-17 49	9.8
6.05	18 59.9	-05 36	9.3	30	18 13.0	-10 32	9.1	23	18 25.2	-18 23	9.9
10	18 56.9	-05 40	9.2	8.04	18 10.3	-11 18	9.2	28	18 30.7	-18 54	9.9
15	18 53.2	-05 48	9.1	09	18 08.2	-12 05	9.2				
20	18 49.0	-06 02	9.0	14	18 07.0	-12 52	9.3				

9 Metis

szembenállás: 1.12.

dátum 0 ^h UT	RA h m	D ° '	m	dátum 0 ^h UT	RA h m	D ° '	m	dátum 0 ^h UT	RA h m	D ° '	m
1.01	07 54.2	+27 27	8.8	1.26	07 27.4	+29 27	8.9	2.20	07 12.7	+29 47	9.6
06	07 49.1	+27 57	8.7	31	07 22.8	+29 39	9.1	25	07 12.5	+29 41	9.7
11	07 43.6	+28 25	8.6	2.05	07 19.0	+29 46	9.2	3.02	07 13.3	+29 33	9.9
16	07 38.0	+28 49	8.6	10	07 16.0	+29 50	9.3	07	07 14.9	+29 23	10.0
21	07 32.5	+29 10	8.8	15	07 13.9	+29 50	9.5	12	07 17.4	+29 10	10.1

7 Iris

szembenállás: 8.27.

dátum 0 ^h UT	RA h m	D ° ' "	m	dátum 0 ^h UT	RA h m	D ° ' "	m	dátum 0 ^h UT	RA h m	D ° ' "	m
7.05	22 33.8	-01 39	9.2	9.08	21 58.0	-01 25	7.9	11.12	22 05.7	-04 05	9.1
10	22 34.6	-01 11	9.1	13	21 53.9	-01 51	8.0	17	22 11.7	-03 50	9.1
15	22 34.7	-00 47	9.0	18	21 50.4	-02 17	8.1	22	22 18.2	-03 31	9.2
20	22 34.1	-00 27	8.8	23	21 47.6	-02 43	8.2	27	22 25.2	-03 08	9.3
25	22 32.9	-00 11	8.7	28	21 45.5	-03 07	8.3	12.02	22 32.7	-02 41	9.3
30	22 30.9	+00 00	8.5	10.03	21 44.3	-03 28	8.4	07	22 40.6	-02 11	9.4
8.04	22 28.2	+00 07	8.4	08	21 44.1	-03 47	8.5	12	22 48.9	-01 37	9.4
09	22 24.8	+00 08	8.2	13	21 44.7	-04 02	8.6	17	22 57.5	-00 59	9.5
14	22 21.0	+00 03	8.1	18	21 46.2	-04 13	8.7	22	23 06.5	-00 19	9.5
19	22 16.6	-00 06	7.9	23	21 48.6	-04 20	8.8	27	23 15.7	+00 25	9.5
24	22 12.0	-00 21	7.8	28	21 51.7	-04 23	8.8	32	23 25.2	+01 11	9.6
29	22 07.2	-00 39	7.7	11.02	21 55.7	-04 21	8.9				
9.03	22 02.5	-01 01	7.8	07	22 00.4	-04 15	9.0				

8 Flora

szembenállás: 2.24.

dátum 0 ^h UT	RA h m	D ° ' "	m	dátum 0 ^h UT	RA h m	D ° ' "	m	dátum 0 ^h UT	RA h m	D ° ' "	m
1.01	11 04.9	+10 14	10.2	2.05	10 56.9	+13 30	9.5	3.12	10 23.4	+18 02	9.6
06	11 06.1	+10 27	10.1	10	10 52.8	+14 13	9.4	17	10 19.2	+18 26	9.7
11	11 06.6	+10 45	10.0	15	10 48.2	+14 57	9.3	22	10 15.7	+18 44	9.8
16	11 06.3	+11 09	9.9	20	10 43.3	+15 40	9.2	27	10 12.8	+18 56	10.0
21	11 05.1	+11 38	9.8	25	10 38.1	+16 21	9.2	4.01	10 10.7	+19 02	10.1
26	11 03.1	+12 12	9.7	3.02	10 33.0	+17 00	9.3	06	10 09.3	+19 03	10.2
31	11 00.4	+12 49	9.6	07	10 28.0	+17 34	9.5				

15 Eunomia

szembenállás: 9.14.

dátum 0 ^h UT	RA h m	D ° ' "	m	dátum 0 ^h UT	RA h m	D ° ' "	m	dátum 0 ^h UT	RA h m	D ° ' "	m
7.15	23 28.0	+07 45	9.2	9.13	23 00.1	+13 02	8.0	11.12	22 43.7	+09 23	9.0
20	23 29.0	+08 35	9.1	18	22 55.4	+12 51	8.0	17	22 47.1	+09 17	9.0
25	23 29.5	+09 22	9.0	23	22 51.0	+12 36	8.1	22	22 51.2	+09 15	9.1
30	23 29.3	+10 07	8.9	28	22 47.0	+12 17	8.1	27	22 56.0	+09 17	9.2
8.04	23 28.4	+10 47	8.8	10.03	22 43.6	+11 55	8.2	12.02	23 01.2	+09 24	9.3
09	23 26.7	+11 24	8.7	08	22 40.8	+11 31	8.3	07	23 07.0	+09 34	9.3
14	23 24.4	+11 56	8.6	13	22 38.8	+11 07	8.4	12	23 13.3	+09 48	9.4
19	23 21.5	+12 22	8.4	18	22 37.6	+10 44	8.5	17	23 19.9	+10 05	9.5
24	23 18.0	+12 43	8.3	23	22 37.2	+10 22	8.6	22	23 27.0	+10 26	9.5
29	23 13.9	+12 57	8.2	28	22 37.6	+10 02	8.7	27	23 34.4	+10 50	9.6
9.03	23 09.5	+13 05	8.1	11.02	22 38.9	+09 46	8.8	32	23 42.1	+11 17	9.6
08	23 04.8	+13 06	8.1	07	22 40.9	+09 32	8.9				

18 Melpomene

szembenállás: 9.28.

dátum 0 ^h UT	RA h m	D ° ' "	m	dátum 0 ^h UT	RA h m	D ° ' "	m	dátum 0 ^h UT	RA h m	D ° ' "	m
7.10 00 06.7	+00 38	9.8		9.08 00 46.6	−05 07	8.2		11.07 00 23.0	−13 56	8.7	
15 00 13.1	+00 46	9.6		13 00 45.2	−06 17	8.0		12 00 24.2	−13 41	8.8	
20 00 19.2	+00 49	9.5		18 00 43.2	−07 30	7.9		17 00 26.1	−13 17	8.9	
25 00 24.9	+00 45	9.4		23 00 40.7	−08 41	7.8		22 00 28.8	−12 46	9.1	
30 00 30.0	+00 36	9.3		28 00 37.8	−09 51	7.8		27 00 32.3	−12 08	9.2	
8.04 00 34.6	+00 19	9.2		10.03 00 34.7	−10 54	7.9		12.02 00 36.4	−11 24	9.3	
09 00 38.5	−00 05	9.0		08 00 31.6	−11 51	7.9		07 00 41.1	−10 35	9.4	
14 00 41.8	−00 37	8.9		13 00 28.7	−12 38	8.0		12 00 46.4	−09 41	9.5	
19 00 44.3	−01 17	8.7		18 00 26.3	−13 15	8.2		17 00 52.3	−08 44	9.6	
24 00 46.1	−02 04	8.6		23 00 24.4	−13 42	8.3		22 00 58.6	−07 44	9.7	
29 00 47.1	−02 59	8.5		28 00 23.2	−13 57	8.4		27 01 05.4	−06 41	9.8	
9.03 00 47.2	−04 00	8.3		11.02 00 22.7	−14 01	8.6		32 01 12.5	−05 36	9.9	

20 Massalia

szembenállás: 12.10.

dátum 0 ^h UT	RA h m	D ° ' "	m	dátum 0 ^h UT	RA h m	D ° ' "	m	dátum 0 ^h UT	RA h m	D ° ' "	m
10.03 05 20.8	+22 41	10.2		11.07 05 33.0	+22 32	9.4		12.12 05 05.4	+21 47	8.5	
08 05 24.9	+22 42	10.1		12 05 31.2	+22 28	9.3		17 05 00.2	+21 39	8.6	
13 05 28.3	+22 43	10.0		17 05 28.5	+22 23	9.1		22 04 55.2	+21 31	8.8	
18 05 31.0	+22 42	9.9		22 05 25.0	+22 17	9.0		27 04 50.7	+21 23	8.9	
23 05 32.8	+22 40	9.8		27 05 20.8	+22 11	8.9		32 04 46.9	+21 17	9.0	
28 05 33.8	+22 38	9.7		12.02 05 16.0	+22 04	8.7					
11.02 05 33.9	+22 35	9.6		07 05 10.8	+21 56	8.5					

27 Euterpe

szembenállás: 3.11.

dátum 0 ^h UT	RA h m	D ° ' "	m	dátum 0 ^h UT	RA h m	D ° ' "	m	dátum 0 ^h UT	RA h m	D ° ' "	m
2.05 11 54.0	+03 13	10.2		3.02 11 37.8	+05 23	9.6		3.27 11 14.9	+07 50	9.9	
10 11 52.2	+03 32	10.0		07 11 33.1	+05 55	9.4		4.01 11 11.3	+08 09	10.0	
15 11 49.5	+03 55	9.9		12 11 28.3	+06 27	9.3		06 11 08.3	+08 25	10.2	
20 11 46.2	+04 21	9.8		17 11 23.6	+06 58	9.5					
25 11 42.2	+04 51	9.7		22 11 19.0	+07 26	9.7					

28 Bellona

szembenállás: 2.21.

dátum 0 ^h UT	RA h m	D ° ' "	m	dátum 0 ^h UT	RA h m	D ° ' "	m	dátum 0 ^h UT	RA h m	D ° ' "	m
2.05 10 35.4	+10 01	10.3		2.20 10 24.9	+12 20	9.9		3.07 10 13.7	+14 34	10.3	
10 10 32.2	+10 45	10.2		25 10 21.0	+13 07	10.0					
15 10 28.7	+11 32	10.1		3.02 10 17.2	+13 52	10.1					

29 Amphitrite

szembenállás: 7.22.

dátum 0 ^h UT	RA h m	D ° '	m	dátum 0 ^h UT	RA h m	D ° '	m	dátum 0 ^h UT	RA h m	D ° '	m
6.20	20 39.0	-26 59	9.9	7.15	20 20.2	-28 14	9.4	8.09	19 55.0	-28 44	9.6
25	20 36.5	-27 14	9.8	20	20 15.1	-28 26	9.3	14	19 50.8	-28 40	9.7
30	20 33.2	-27 30	9.7	25	20 09.9	-28 35	9.3	19	19 47.1	-28 34	9.8
7.05	20 29.4	-27 45	9.6	30	20 04.7	-28 41	9.4	24	19 44.1	-28 25	9.9
10	20 25.0	-28 00	9.5	8.04	19 59.7	-28 44	9.5				

44 Nysa

szembenállás: 11.18.

dátum 0 ^h UT	RA h m	D ° '	m	dátum 0 ^h UT	RA h m	D ° '	m	dátum 0 ^h UT	RA h m	D ° '	m
10.13	04 04.7	+14 48	10.2	11.12	03 46.0	+13 11	9.5	12.12	03 18.2	+12 07	9.7
18	04 03.4	+14 35	10.0	17	03 41.1	+12 55	9.4	17	03 15.2	+12 07	9.8
23	04 01.3	+14 20	9.9	22	03 36.0	+12 40	9.4	22	03 12.9	+12 12	9.9
28	03 58.5	+14 03	9.8	27	03 31.0	+12 27	9.4	27	03 11.5	+12 21	10.0
11.02	03 54.9	+13 46	9.7	12.02	03 26.2	+12 17	9.5				
07	03 50.7	+13 29	9.6	07	03 21.9	+12 10	9.6				

349 Dembowska

szembenállás: 12.02.

dátum 0 ^h UT	RA h m	D ° '	m	dátum 0 ^h UT	RA h m	D ° '	m	dátum 0 ^h UT	RA h m	D ° '	m
10.23	04 57.6	+28 10	10.2	11.17	04 41.9	+29 20	9.8	12.12	04 16.9	+29 30	9.7
28	04 55.9	+28 27	10.1	22	04 37.1	+29 27	9.7	17	04 12.3	+29 25	9.8
11.02	04 53.3	+28 43	10.0	27	04 32.1	+29 32	9.6	22	04 08.2	+29 19	9.9
07	04 50.1	+28 58	10.0	12.02	04 26.9	+29 34	9.6	27	04 04.7	+29 12	10.0
12	04 46.3	+29 10	9.9	07	04 21.8	+29 33	9.6	32	04 01.8	+29 04	10.1

511 Davida

szembenállás: 2003.01.01.

dátum 0 ^h UT	RA h m	D ° '	m	dátum 0 ^h UT	RA h m	D ° '	m	dátum 0 ^h UT	RA h m	D ° '	m
12.02	07 09.5	+16 23	10.2	12.17	07 00.7	+17 55	9.9	12.32	06 47.9	+19 48	9.5
07	07 07.2	+16 51	10.1	22	06 56.8	+18 31	9.8				
12	07 04.2	+17 22	10.0	27	06 52.4	+19 09	9.7				

654 Zelinda

szembenállás: 1.10.

dátum 0 ^h UT	RA h m	D ° '	m	dátum 0 ^h UT	RA h m	D ° '	m	dátum 0 ^h UT	RA h m	D ° '	m
1.01	07 36.4	+16 08	9.9	1.16	07 16.8	+12 05	9.8	1.31	07 00.3	+08 40	10.2
06	07 30.0	+14 45	9.8	21	07 10.6	+10 51	10.0				
11	07 23.4	+13 24	9.7	26	07 05.0	+09 42	10.1				

Üstökösök

C/2000 SV74 (LINEAR)

szembenállás: 2001.10.08.
földközelen: 2001.11.04. 3.195 AU

dátum 0 ^h UT	RA h m	D ° '	r AU	Δ AU	E °	m
01.01.	22 59.39	+54 33.6	3.706	3.494	95	12.4
11.	23 00.03	+54 17.1	3.680	3.571	89	12.4
21.	23 03.03	+54 20.2	3.656	3.646	83	12.4
31.	23 07.98	+54 43.6	3.635	3.715	78	12.5
02.10.	23 14.57	+55 27.5	3.615	3.777	73	12.5
20.	23 22.61	+56 31.4	3.598	3.830	69	12.5
03.02.	23 31.93	+57 54.9	3.583	3.873	66	12.5
12.	23 42.51	+59 36.9	3.570	3.907	63	12.5
22.	23 54.39	+61 36.6	3.560	3.931	61	12.5
04.01.	00 07.73	+63 53.0	3.552	3.948	60	12.5
11.	00 22.90	+66 24.8	3.546	3.956	59	12.5
21.	00 40.54	+69 10.5	3.542	3.959	59	12.5
05.01.	01 01.8	+72 07.7	3.541	3.958	59	12.5
11.	01 29.2	+75 13.1	3.543	3.955	59	12.5
21.	02 07.7	+78 20.8	3.546	3.951	60	12.5
31.	03 08.6	+81 17.4	3.552	3.949	60	12.5
06.10.	04 54.8	+83 28.9	3.561	3.949	61	12.5
20.	07 28.1	+83 47.1	3.571	3.953	61	12.5
30.	09 31.9	+81 52.2	3.584	3.963	61	12.5
07.10.	10 43.7	+78 48.1	3.600	3.979	61	12.6
20.	11 27.6	+75 18.7	3.617	4.000	61	12.6
30.	11 58.1	+71 41.9	3.637	4.028	61	12.6
08.09.	12 21.62	+68 05.8	3.659	4.060	60	12.7
19.	12 41.10	+64 35.3	3.682	4.096	59	12.7
29.	12 58.04	+61 13.4	3.708	4.135	59	12.8
09.08.	13 13.27	+58 02.6	3.736	4.175	58	12.8
18.	13 27.27	+55 04.6	3.766	4.213	57	12.9
28.	13 40.31	+52 20.9	3.797	4.250	57	12.9
10.08.	13 52.56	+49 52.2	3.831	4.281	57	13.0
18.	14 04.10	+47 39.7	3.866	4.307	58	13.0

19P/Borrelly

szembenállás: 3.21.
földközelen: 1.01, 1.281 AU

dátum 0 ^h UT	RA h m	D ° '	r AU	Δ AU	E °	m
01.01.	12 38.13	+39 50.2	1.815	1.281	106	11.5
11.	12 50.29	+42 26.2	1.884	1.286	112	11.9
21.	12 57.32	+45 08.7	1.954	1.299	117	12.3
31.	12 58.74	+47 47.6	2.025	1.322	122	12.8
02.10.	12 54.32	+50 10.1	2.097	1.357	126	13.2

C/2000 WM1 (LINEAR)szembenállás: 06.07.
földközelpont: 2001.12.03. 0.316 AU

dátum 0 ^h UT	RA h m	D ° ′	r AU	Δ AU	E °	m
02.20.	19 26.04	−30 06.3	0.837	1.217	43	6.2
03.02.	19 23.86	−21 55.2	0.996	1.234	52	6.9
12.	19 21.96	−13 51.2	1.159	1.238	62	7.6
22.	19 18.41	−05 49.6	1.321	1.237	72	8.2
04.01.	19 12.02	+02 09.3	1.481	1.241	82	8.7
11.	19 01.94	+09 57.4	1.637	1.255	92	9.1
21.	18 47.58	+17 17.7	1.790	1.287	102	9.6
05.01.	18 28.94	+23 46.7	1.940	1.343	110	10.0
11.	18 06.73	+29 02.0	2.086	1.425	117	10.5
21.	17 42.53	+32 49.2	2.228	1.535	121	10.9
31.	17 18.53	+35 07.1	2.368	1.670	122	11.4
06.10.	16 56.78	+36 07.1	2.505	1.829	121	11.8
20.	16 38.68	+36 06.3	2.639	2.007	118	12.3
30.	16 24.80	+35 23.3	2.771	2.200	114	12.7
07.10.	16 15.04	+34 13.7	2.901	2.407	109	13.1
20.	16 08.97	+32 49.1	3.028	2.622	104	13.4
30.	16 06.03	+31 17.9	3.154	2.844	98	13.8
08.09.	16 05.68	+29 45.5	3.277	3.069	93	14.1

7P/Pons–Winneckeszembenállás: 9.20.
földközelpont: 6.11. 0.628 AU

dátum 0 ^h UT	RA h m	D ° ′	r AU	Δ AU	E °	m
03.12.	17 29.11	+02 54.9	1.476	1.095	90	12.7
22.	18 01.20	+01 58.0	1.419	0.998	91	12.3
04.01.	18 34.80	+00 46.2	1.369	0.912	91	11.8
11.	19 09.93	−00 45.9	1.327	0.837	92	11.5
21.	19 46.48	−02 43.9	1.294	0.773	93	11.1
05.01.	20 24.23	−05 11.4	1.271	0.720	93	10.8
11.	21 02.72	−08 08.5	1.259	0.680	94	10.6
21.	21 41.14	−11 32.3	1.260	0.651	96	10.5
31.	22 18.48	−15 16.5	1.272	0.634	98	10.5
06.10.	22 53.56	−19 13.6	1.295	0.628	101	10.6
20.	23 25.11	−23 17.2	1.329	0.631	105	10.7
30.	23 52.10	−27 22.0	1.372	0.643	109	10.9
07.10.	00 13.61	−31 24.0	1.422	0.661	114	11.1

22P/Kopff

szembenállás: 3.22.
földközélen: 4.10. 1.767 AU

dátum 0 ^h UT	RA h m	D ° '	r AU	Δ AU	E °	m
07.30.	12 37.99	+00 25.8	2.047	2.318	62	13.0
08.09.	12 54.26	−01 30.9	1.992	2.355	57	12.7
19.	13 12.00	−03 34.3	1.939	2.386	52	12.4
29.	13 31.16	−05 42.7	1.887	2.411	48	12.1
09.08.	13 51.78	−07 54.2	1.838	2.430	44	11.8
18.	14 13.87	−10 07.0	1.792	2.444	40	11.6
28.	14 37.46	−12 18.3	1.750	2.454	36	11.3
10.08.	15 02.60	−14 25.4	1.711	2.461	33	11.0

29P/Schwassmann–Wachmann 1

szembenállás: 8.03.
földközélen: 8.03. 4.804 AU

dátum 0 ^h UT	RA h m	D ° '	r AU	Δ AU	E °	m
03.22.	20 46.20	−19 49.3	5.854	6.406	53	*
04.01.	20 52.31	−19 21.1	5.851	6.271	61	
11.	20 57.70	−18 55.0	5.848	6.125	69	
21.	21 02.26	−18 31.7	5.846	5.970	78	
05.01.	21 05.92	−18 11.6	5.843	5.811	87	
11.	21 08.60	−17 55.3	5.840	5.650	96	
21.	21 10.22	−17 43.1	5.838	5.492	105	
31.	21 10.74	−17 35.3	5.835	5.341	115	
06.10.	21 10.14	−17 32.0	5.832	5.201	124	
20.	21 08.43	−17 32.9	5.830	5.076	134	
30.	21 05.70	−17 37.7	5.827	4.971	144	
07.10.	21 02.07	−17 45.5	5.824	4.889	155	
20.	20 57.74	−17 55.4	5.822	4.833	165	
30.	20 52.98	−18 06.4	5.819	4.806	176	
08.09.	20 48.09	−18 17.1	5.817	4.809	173	
19.	20 43.38	−18 26.5	5.814	4.841	163	
29.	20 39.17	−18 33.7	5.812	4.902	152	
09.08.	20 35.70	−18 38.0	5.810	4.988	141	
18.	20 33.20	−18 38.9	5.807	5.097	131	
28.	20 31.80	−18 36.1	5.805	5.225	121	
10.08.	20 31.56	−18 29.6	5.803	5.367	111	
18.	20 32.51	−18 19.3	5.800	5.519	102	
28.	20 34.59	−18 05.2	5.798	5.677	92	
11.07.	20 37.74	−17 47.4	5.796	5.835	83	
17.	20 41.87	−17 25.9	5.794	5.990	74	
27.	20 46.86	−17 00.9	5.791	6.139	65	
12.07.	20 52.60	−16 32.5	6.277	5.789	56	
17.	20 58.98	−16 00.7	6.402	5.787	45	
27.	21 05.88	−15 25.8	6.512	5.785	39	

* Az üstökös 15–16^m alapfényességéről rendszertelen időközönként 13–11^m-ra fényesedik.

2000 üstökösei

jelölés	felfedező	a felfedezés			m
		helye	dátuma	műszere	
C/1996 E2 (SOHO)	M. Meyer	SOHO	03.10.		
C/1996 L1 (SOHO)	X. Leprette	SOHO	06.10.		
C/1997 B3 (SOHO)	J. Danaher	SOHO	01.21.		
C/1997 G3 (SOHO)	M. Oates	SOHO	04.04.		
C/1997 G4 (SOHO)	M. Oates	SOHO	04.05.		
C/1997 G5 (SOHO)	M. Oates	SOHO	04.05.		
C/1997 G6 (SOHO)	M. Oates	SOHO	04.11.		
C/1997 J3 (SOHO)	M. Oates	SOHO	05.10.		
C/1997 J4 (SOHO)	M. Oates	SOHO	05.10.		
C/1997 K3 (SOHO)	M. Oates	SOHO	05.25.		
C/1997 K4 (SOHO)	D. Hammer	SOHO	05.31.		
C/1997 K5 (SOHO)	M. Oates	SOHO	05.20.		
C/1997 K6 (SOHO)	M. Oates	SOHO	05.31.		
C/1997 L5 (SOHO)	X. Leprette	SOHO	06.12.		
C/1997 M3 (SOHO)	X. Leprette	SOHO	06.28.		
C/1997 M4 (SOHO)	X. Leprette	SOHO	06.17.		
C/1997 M5 (SOHO)	X. Leprette	SOHO	06.19.		
C/1997 N3 (SOHO)	X. Leprette	SOHO	07.04.		
C/1997 S3 (SOHO)	X. Leprette	SOHO	09.24.		
C/1997 T6 (SOHO)	M. Oates	SOHO	10.01.		
C/1997 T7 (SOHO)	X. Leprette	SOHO	10.08.		
C/1997 T8 (SOHO)	M. Oates	SOHO	10.08.		
C/1997 U2 (SOHO)	M. Oates	SOHO	10.17.		
C/1997 U3 (SOHO)	M. Oates	SOHO	10.20.		
C/1997 U4 (SOHO)	M. Oates	SOHO	10.21.		
C/1997 U5 (SOHO)	M. Oates	SOHO	10.26.		
C/1997 U6 (SOHO)	M. Oates	SOHO	10.26.		
C/1997 U7 (SOHO)	M. Oates	SOHO	10.27.		
C/1997 V3 (SOHO)	M. Oates	SOHO	11.01.		
C/1997 V4 (SOHO)	M. Oates	SOHO	11.03.		
C/1997 V5 (SOHO)	M. Oates	SOHO	11.08.		
C/1997 V6 (SOHO)	M. Oates	SOHO	11.08.		
C/1997 X3 (SOHO)	X. Leprette	SOHO	12.02.		
C/1997 X4 (SOHO)	X. Leprette	SOHO	12.03.		
C/1997 X5 (SOHO)	X. Leprette	SOHO	12.06.		
C/1997 X6 (SOHO)	X. Leprette	SOHO	12.10.		
C/1997 Y1 (SOHO)	X. Leprette	SOHO	12.20.		
C/1997 Y2 (SOHO)	X. Leprette	SOHO	12.21.		
C/1997 Y3 (SOHO)	X. Leprette	SOHO	12.22.		
C/1998 B2 (SOHO)	J. Danaher	SOHO	01.25.		

jelölés	felfedező	a felfedezés			m
		helye	dátuma	műszere	
C/1998 F2 (SOHO)	M. Meyer	SOHO	03.27.		
C/1998 G5 (SOHO)	M. Oates	SOHO	04.06.		
C/1998 G6 (SOHO)	M. Oates	SOHO	04.06.		
C/1998 G7 (SOHO)	M. Oates	SOHO	04.07.		
C/1998 G8 (SOHO)	D. Hammer	SOHO	04.09.		
C/1998 H3 (SOHO)	M. Oates	SOHO	04.26.		
C/1998 H4 (SOHO)	M. Oates	SOHO	04.27.		
C/1998 J3 (SOHO)	D. Hammer	SOHO	05.04.		
C/1998 J4 (SOHO)	D. Hammer	SOHO	05.06.		
C/1998 K12 (SOHO)	M. Oates	SOHO	05.20.		
C/1998 K13 (SOHO)	M. Oates	SOHO	05.21.		
C/1998 K14 (SOHO)	M. Oates	SOHO	05.26.		
C/1998 K15 (SOHO)	M. Oates	SOHO	05.28.		
C/1998 K16 (SOHO)	M. Oates	SOHO	05.29.		
C/1998 K17 (SOHO)	M. Oates	SOHO	05.31.		
C/1998 L2 (SOHO)	M. Oates	SOHO	06.03.		
C/1998 L3 (SOHO)	M. Oates	SOHO	06.04.		
C/1998 L4 (SOHO)	M. Oates	SOHO	06.04.		
C/1998 L5 (SOHO)	M. Oates	SOHO	06.05.		
C/1998 L6 (SOHO)	M. Oates	SOHO	06.05.		
C/1998 L7 (SOHO)	M. Oates	SOHO	06.06.		
C/1998 L8 (SOHO)	M. Oates	SOHO	06.08.		
C/1998 L9 (SOHO)	M. Oates	SOHO	06.12.		
C/1998 M8 (SOHO)	M. Oates	SOHO	06.19.		
C/1998 M9 (SOHO)	M. Oates	SOHO	06.21.		
C/1998 M10 (SOHO)	M. Oates	SOHO	06.23.		
C/1998 U6 (SOHO)	X. Leprette	SOHO	10.29.		
C/1998 V2 (SOHO)	X. Leprette	SOHO	11.07.		
C/1998 V3 (SOHO)	X. Leprette	SOHO	11.07.		
C/1998 V4 (SOHO)	X. Leprette	SOHO	11.09.		
C/1998 V5 (SOHO)	X. Leprette	SOHO	11.02.		
C/1998 V6 (SOHO)	X. Leprette	SOHO	11.02.		
C/1998 V7 (SOHO)	M. Oates	SOHO	11.07.		
C/1998 W4 (SOHO)	X. Leprette	SOHO	11.24.		
C/1998 W5 (SOHO)	X. Leprette	SOHO	11.24.		
C/1998 W6 (SOHO)	X. Leprette	SOHO	11.25.		
C/1998 X3 (SOHO)	M. Oates	SOHO	12.05.		
C/1998 X4 (SOHO)	M. Oates	SOHO	12.07.		
C/1998 X5 (SOHO)	M. Oates	SOHO	12.09.		
C/1998 X6 (SOHO)	M. Oates	SOHO	12.09.		
C/1998 X7 (SOHO)	M. Oates	SOHO	12.09.		

jelölés	felfedező	a felfedezés			<i>m</i>
		helye	dátuma	műszere	
C/1998 X8 (SOHO)	M. Oates	SOHO	12.11.		
C/1998 X9 (SOHO)	M. Oates	SOHO	12.14.		
C/1998 X10 (SOHO)	M. Oates	SOHO	12.14.		
C/1998 X11 (SOHO)	M. Oates	SOHO	12.08.		
C/1999 G3 (SOHO)	M. Oates	SOHO	04.02.		
C/1999 G4 (SOHO)	M. Oates	SOHO	04.03.		
C/1999 G5 (SOHO)	M. Oates	SOHO	04.11.		
C/1999 H5 (SOHO)	M. Oates	SOHO	04.24.		
C/1999 H6 (SOHO)	M. Oates	SOHO	04.28.		
C/1999 H7 (SOHO)	M. Oates	SOHO	04.20.		
C/1999 J12 (SOHO)	M. Oates	SOHO	05.03.		
C/1999 L6 (SOHO)	M. Oates	SOHO	06.01.		
C/1999 L7 (SOHO)	M. Oates	SOHO	06.03.		
C/1999 L8 (SOHO)	M. Oates	SOHO	06.06.		
C/1999 U6 (SOHO)	M. Oates	SOHO	10.17.		
C/1999 U7 (SOHO)	M. Oates	SOHO	10.27.		
C/1999 U8 (SOHO)	M. Oates	SOHO	10.29.		
C/1999 U9 (SOHO)	M. Oates	SOHO	10.30.		
C/1999 V2 (SOHO)	M. Oates	SOHO	11.07.		
C/1999 V3 (SOHO)	M. Oates	SOHO	11.14.		
C/1999 V4 (SOHO)	M. Oates	SOHO	11.15.		
C/1999 X2 (SOHO)	M. Oates	SOHO	12.03.		
C/2000 A1 (Montani)	J. Montani	Kitt Peak	01.12.	0.91Sw	18.9
C/2000 A2 (SOHO)	J. Danaher	SOHO	01.14.		
C/2000 B1 (SOHO)	J. Shanklin	SOHO	01.24.		8
C/2000 B2 (LINEAR)	LINEAR	Socorro	01.29.	0.99T	18.8
P/2000 B3 (LINEAR)	LINEAR	Socorro	01.27.	0.99T	18.9
C/2000 B4 (LINEAR)	LINEAR	Socorro	01.29.	0.99T	19.4
C/2000 B5 (SOHO)	D. Biesecker	SOHO	01.17.		
C/2000 B6 (SOHO)	M. Meyer	SOHO	01.29.		
C/2000 B7 (SOHO)	M. Meyer				
	T. Lovejoy	SOHO	01.31.		
P/2000 C1 (Hergenrother)	C. Hergenrother	Catalina	02.04.	0.41S	17.4
C/2000 C2 (SOHO)	K. Cernis	SOHO	02.03.		6.5
C/2000 C3 (SOHO)	D. Biesecker	SOHO	02.04.		6.7
C/2000 C4 (SOHO)	M. Meyer	SOHO	02.05.		5.9
C/2000 C5 (SOHO)	M. Oates	SOHO	02.07.		7.5
C/2000 C6 (SOHO)	T. Lovejoy	SOHO	02.09.		7.7
C/2000 CT54 (LINEAR)	LINEAR	Socorro	02.02.	0.99T	18.9
C/2000 D1 (SOHO)	D. Lewis	SOHO	02.28.		5.8

jelölés	felfedező	a felfedezés			m
		helye	dátuma	műszere	
C/2000 D2 (LINEAR)	LINEAR	Socorro	02.25.	0.99T	18.1
C/2000 D3 (SOHO)	M. Meyer				
	K. Cernis	SOHO	02.26.		
C/2000 E1 (SOHO)	M. Meyer	SOHO	03.04.		
P/2000 ET90 (Kowal – Mrkos)	LINEAR				
	C. Hergenrother				
	B. Marsden	Socorro	03.09.	0.99T	18.9
C/2000 F1 (SOHO)	M. Meyer				
	J. Shanklin	SOHO	03.31.		
P/2000 G1 (LINEAR)	LINEAR	Socorro	04.07.	0.99T	17.9
C/2000 G2 (LINEAR)	LINEAR	Socorro	04.04.	0.99T	18.4
P/2000 H1 (LINEAR)	LINEAR	Socorro	04.26.	0.99T	18.7
C/2000 H2 (SOHO)	T. Lovejoy		04.28.		>1
C/2000 H3 (SOHO)	M. Oates		04.17.		
C/2000 H4 (SOHO)	M. Oates		04.30.		
C/2000 H5 (SOHO)	D. Biesecker		04.30.		
C/2000 J1 (Ferris)	W. Ferris	Flagstaff	05.04.	0.59S	19.0
C/2000 J2 (SOHO)	M. Oates		05.07.		7.8
C/2000 J3 (SOHO)	K. Cernis				
	M. Boschat	SOHO	05.09.		7
C/2000 J4 (SOHO)	M. Oates				
	X. Leprette	SOHO	05.14.		
C/2000 J5 (SOHO)	M. Oates		05.11.		
C/2000 J6 (SOHO)	T. Scarmato		05.11.		
C/2000 J7 (SOHO)	M. Oates		05.04.		
C/2000 K1 (LINEAR)	LINEAR	Socorro	05.26.	0.99T	18.0
C/2000 K2 (LINEAR)	LINEAR	Socorro	05.26.	0.99T	18.1
C/2000 K3 (SOHO)	M. Boschat	SOHO	05.19.		
C/2000 K4 (SOHO)	M. Oates	SOHO	05.22.		
C/2000 K5 (SOHO)	M. Boschat				
	M. Oates	SOHO	05.25.		
C/2000 K6 (SOHO)	M. Oates	SOHO	05.27.		
C/2000 K7 (SOHO)	X. Leprette	SOHO	05.19.		
C/2000 K8 (SOHO)	M. Oates	SOHO	05.29.		
C/2000 L1 (SOHO)	M. Oates	SOHO	06.03.		
C/2000 L2 (SOHO)	M. Boschat	SOHO	06.09.		
C/2000 L3 (SOHO)	M. Oates	SOHO	06.10.		
C/2000 L4 (SOHO)	M. Boschat	SOHO	06.14.		
C/2000 L5 (SOHO)	M. Boschat				
	J. Shanklin	SOHO	06.15.		4.5
C/2000 L6 (SOHO)	M. Oates		06.11.		

jelölés	felfedező	a felfedezés			<i>m</i>
		helye	dátuma	műszere	
C/2000 M1 (SOHO)	M. Boschat				
	P. Shkreby	SOHO	06.17.		
C/2000 M2 (SOHO)	M. Oates	SOHO	06.18.		
C/2000 M3 (SOHO)	M. Meyer	SOHO	06.19.		
C/2000 M4 (SOHO)	M. Meyer				
	M. Boschat	SOHO	06.22.		
C/2000 M5 (SOHO)	A. Mimeev				
	P. Shkreby	SOHO	06.24.		
C/2000 M6 (SOHO)	M. Meyer	SOHO	06.25.		
C/2000 M7 (SOHO)	H. Luethen	SOHO	06.26.		
C/2000 M8 (SOHO)	M. Meyer				
	D. Biesecker	SOHO	06.27.		
C/2000 M9 (SOHO)	M. Meyer	SOHO	06.30.		
C/2000 N1 (SOHO)	T. Lovejoy				
	M. Boschat	SOHO	07.01.		
C/2000 N2 (SOHO)	M. Meyer				
	P. Shkreby	SOHO	07.08.		
C/2000 N3 (SOHO)	M. Oates	Flagstaff	07.20.	0.59S	17.6
C/2000 O1 (Koehn)	B. Koehn		07.04.		
P/2000 O2 (Kushida)	C. Delahodde				
	O. Hainaut	La Silla	07.25.	3.57T	
C/2000 O3 (SOHO)	J. Shanklin	SOHO	07.30.		
C/2000 OF8 (Spacewatch)	A. Descour	Kitt Peak	07.24.	0.91Sw	21.3
C/2000 P1 (SOHO)	M. Boschat	SOHO	08.06.		
C/2000 P2 (SOHO)	M. Boschat	SOHO	08.14.		
C/2000 Q1 (SOHO)	J. Danaher	SOHO	08.28.		8.6
P/2000 R1 (Shoemaker – Levy 5)	LINEAR				
	T. Spahr	Socorro	09.06.	0.99T	18.5
P/2000 R2 (LINEAR)	LINEAR	Socorro	09.03.	0.99T	18.7
P/2000 S1 (Skiff)	B. Skiff	Flagstaff	09.24.	0.59S	14.8
P/2000 S2 (Shoemaker – LINEAR)	LINEAR	Socorro	09.27.	0.99T	18.6
C/2000 S3 (LONEOS)	M. Van Ness				
	B. Skiff	Flagstaff	09.29.	0.59S	17.7
P/2000 S4 (LINEAR – Spacewatch)	LINEAR	Socorro	09.23.	0.99T	19.6
	T. Gehrels	Kitt Peak	10.02.	0.91Sw	20.5
C/2000 SV74 (LINEAR)	LINEAR	Socorro	09.24.	0.99T	17.8
P/2000 SO253 (Anderson – LINEAR)	LINEAR	Socorro	09.24.	0.99T	19.8
C/2000 T1 (SOHO)	J. Danaher	SOHO	10.09.		7.1

jelölés	felfedező	a felfedezés			m
		helye	dátuma	műszere	
P/2000 T2 (Kushida – Muramatsu)	T. Oribe	Saji	10.03.	1.03T	20.2
C/2000 T3 (SOHO)	D. Biesecker	SOHO	10.11.		
C/2000 T4 (SOHO)	J. Danaher	SOHO	10.12.		
C/2000 U1 (SOHO)	M. Oates	SOHO	10.21.		
C/2000 U2 (SOHO)	M. Boschat	SOHO	10.22.		
C/2000 U3 (SOHO)	J. Danaher	SOHO	10.24.		
C/2000 U4 (SOHO)	M. Oates	SOHO	10.25.		
C/2000 U5 (LINEAR)	LINEAR	Socorro	10.29.	0.99T	17.1
P/2000 U6 (Tichy)	M. Tichy	Klet	10.23.	0.57T	17.8
C/2000 V1 (SOHO)	M. Boschat	SOHO	11.04.		
C/2000 V2 (SOHO)	D. Biesecker	SOHO	11.05.		
C/2000 V3 (SOHO)	M. Oates	SOHO	11.10.		
C/2000 W1 (Utsunomiya – Jones)	S. Utsunomiya	Aso	11.18.	25x150B	8.5
	A. Jones	Nelson	11.25.	0.08L	8
C/2000 W2 (SOHO)	M. Oates	SOHO	11.16.		
C/2000 W3 (SOHO)	M. Meyer	SOHO	11.18.		
C/2000 W4 (SOHO)	M. Oates	SOHO	11.19.		
C/2000 W5 (SOHO)	M. Oates	SOHO	11.27.		
C/2000 WM1 (LINEAR)	LINEAR	Socorro	11.16.	0.99T	18.0
P/2000 WT168 (LONEOS)	LONEOS	Flagstaff	11.25.	0.59S	17.2
C/2000 X1 (SOHO)	M. Boschat	SOHO	12.03.		
C/2000 X2 (SOHO)	M. Boschat	SOHO	12.05.		
C/2000 X3 (SOHO)	M. Boschat	SOHO	12.05.		
C/2000 X4 (SOHO)	X.-m. Zhou	SOHO	12.05.		
C/2000 X5 (SOHO)	M. Oates	SOHO	12.07.		
C/2000 X6 (SOHO)	M. Boschat	SOHO	12.07.		
C/2000 X7 (SOHO)	M. Boschat	SOHO	12.10.		
C/2000 X8 (SOHO)	D. Biesecker	SOHO	12.12.		
C/2000 Y1 (Tubbiolo)	A. Tubbiolo	Kitt Peak	12.16.	0.91Sw	19.3
C/2000 Y2 (Skiff)	B. Skiff	Flagstaff	12.27.	0.59S	17.2
P/2000 Y3 (Scotti)	J. Scotti	Kitt Peak	12.30.	0.91Sw	18.9
C/2000 Y4 (SOHO)	T. Lovejoy	SOHO	12.17.		
C/2000 Y5 (SOHO)	M. Boschat	SOHO	12.19.		
C/2000 Y6 (SOHO)	M. Meyer	SOHO	12.20.		7.6
C/2000 Y7 (SOHO)	S. Hoenig	SOHO	12.20.		
C/2000 Y8 (SOHO)	M. Boschat	SOHO	12.23.		
C/2000 Y9 (SOHO)	M. Oates	SOHO	12.25.		
P/2000 Y10 (Mueller 4)	T. Oribe	Saji	12.22.	1.03T	20.5

jelölés	felfedező	a felfedezés			m
		helye	dátuma	műszere	
73P/Schwassmann – Wachmann 3	K. Birkle				
	H. Bönnhardt	Calar Alto	01.05.	3.50T	
	J. Ries	McDonald	01.24.	0.76T	
71P/Clark	P. Pravec				
	P. Kusnirak	Ondřejov	02.04.	0.65T	
	J. Scotti	Kitt Peak	02.10.	0.91Sw	
61P/Shajn – Schaldach	C. Delahodde				
	O. Hainaut	La Silla	04.22.	1.54T	
19P/Borrelly	C. Delahodde				
	O. Hainaut	La Silla	05.02.	3.57T	
97P/Metcalf – Brewington	LINEAR				
	G. Williams	Socorro	09.01.	0.99T	19.0
113P/Spitaler	Spacewatch	Kitt Peak	08.25.	0.91Sw	20.1
	A. Sugie	Dynic	09.01.	0.60T	19.2
24P/Schaumasse	C. Wolf				
	T. Kranz	La Silla	10.07.	2.2 T	20.5
70P/Kojima	C. Hergenrother	Kitt Peak	99.11.12.	2.29T	20.3
	T. Seki	Gaisei	11.06.	0.60T	17.9
41P/Tuttle – Giacobini – Kresák	T. Kojima	Chiyoda	11.07.	0.25T	16.7
	K. Kadota	Ageo	11.17.	0.18T	16.1
31P/Schwassmann – Wachmann 2	M. Yamanishi				
	A. Miyamoto				
	M. Aimoto				
64P/Swift – Gehrels	T. Oribe	Saji	11.24.	1.03T	18.3
	T. Spahr	Mt. Hopkins	12.22.	1.22T	20
33P/Daniel	C. Hergenrother				
	S. Larson	Kitt Peak	99.11.13.	2.29T	20.5
	T. Oribe	Saji	12.22.	1.03T	18.5

A táblázat első része a 2000-ben felfedezett, valamint a SOHO napkutató szonda archív felvételein 2000-ben azonosított üstökösöket tartalmazza. Az új felfedezések mellett azok az üstökösök is szerepelnek, melyek első visszatérését 2000-ben észlelték. Az ideiglenes jelölés és a név után a felfedező vagy újralfedező neve, a felfedezés helye, időpontja és műszere, valamint a felfedező által megadott összfényesség (SOHO-üstökösöknél a maximális észlelt fényesség) szerepel. A P/ jelölés 200 évnél rövidebb keringési időt jelez. A műszer rovatban az objektívátmérőt méterben adtuk meg. B = binokulár, L = lencsés távcső, T = tükrös távcső, S = Schmidt-teleszkóp, Sw = 0.91 m-es Spacewatch (Ürfürkész) kamera. A második rész a régóta ismert, több napközelség során megfigyelt üstökösöket tartalmazza. Itt a P/ előtt álló szám az IAU által 1994-ben kiadott hivatalos sorszám.

Meteorrajok

A raj neve	kódja	aktivitás	max.	v km/s	radiáns			vándorlása	
					RA °	D °	SL °	ΔRA °/d	ΔD °/d
Quadrantidák	QUA	01.01–05.	01.03.	42	230	49	283	0.80	–0.20
Nü Aurigidák	NUA	01.01–10.	01.05.		87	35	285		
Delta Cancridák	DCA	01.05–24.	01.14.	28	126	20	294	0.90	–0.10
Alfa Canis Maioridák	ACM	01.03–02.02.	01.15.		105	–17	295		
Gamma Corvidák	GCO	01.08–29.	01.22.		185	–18	302		
Alfa Hydridák	AHY	01.05–02.14.	01.24.		140	–10	304		
Alfa Leonidák	ALE	12.28–02.13.	01.29.		159	6	309		
Pszí Leonidák	PLE	01.14–02.23.	01.29.		143	17	309		
Alfa Aurigidák	AAU	01.15–02.20.	02.10.		74	43	321		
Delta Leonidák	DLE	02.05–03.19.	02.26.	23	159	19	338	0.75	–0.50
Virginidák	VIR	02.03–04.15.	03.10.	35	186	0	350	0.81	–0.33
Zéta Bootidák	DBO	03.05–15.	03.12.		218	12	352		
Cameloparidák	CAM	03.14–04.07.	03.19.	7	119	68	359	1.35	0.51
Delta Draconidák	DDR	03.28–04.17.	04.04.	27	281	68	14		
Kappa Serpentidák	KSE	04.01–07.	04.04.	45	230	18	14		
Szigma Leonidák	SLE	03.21–05.13.	04.17.	20	195	–5	27	0.44	0.11
Áprilisi Lyridák	LYR	04.16–25.	04.22.	48	271	34	32	1.10	0.00
Mü Virginidák	MVI	04.01–05.12.	04.25.	29	221	–5	35	0.53	–0.30
Alfa Bootidák	ABO	04.14–05.12.	04.28.	20	218	19	38	0.90	–0.10
Fi Bootidák	FBO	04.16–05.12.	04.30.	12	240	51	40		
Alfa Scorpiidák	ASC	03.26–06.04.	05.03.	35	240	–22	43	0.90	–0.10
Éta Aquaridák	ETA	04.19–05.28.	05.04.	66	336	–2	44	0.90	0.40
Májusi Capricornidák	ACA	04.19–05.26.	05.08.		305	–13	48		
Gamma Capricornidák	GCA	04.26–05.25.	05.11.		326	–17	50		
Északi Ophiuchidák	NOP	04.25–05.31.	05.13.	30	249	–14	52	0.90	–0.10
Alfa Coronidák	ACO	05.01–31.			231	27	49		
Májusi Ursidák	UMI	05.05–06.06.	05.16.		233	76	55		
Déli Ophiuchidák	SOP	05.10–29.	05.20.	30	258	–24	59	0.90	–0.10
Tau Herculidák	THE	05.19–06.14.	06.03.	15	228	39	72	–0.10	0.90
Khi Scorpiidák	CSC	05.24–06.20.	06.05.	21	247	–13	74	0.90	–0.10
Théta Ophiuchidák	TOP	06.04–16.	06.13.	27	267	–20	82	0.90	0.00
Júniusi Lyridák	JLY	06.11–21.	06.16.	31	278	35	85	0.80	0.00
Corvidák	COR	06.25–30.	06.26.	10	192	–19	95		
Rho Sagittaridák	RSA	06.15–07.08.	06.27.		293	–17	96		
Tau Cetidák	CET	06.18–07.04.	06.27.		24	–12	96		
Júniusi Bootidák	JBO	06.27–28.	06.28.	14	219	49	99		
Tau Aquaridák	TAC	06.19–07.05.	06.30.		343	–12	99		
Alfa Cygnidák	ACG	07.01–09.30.	07.15.		315	48	113		
Omikron Draconidák	ODR	07.07–24.	07.16.	24	271	59	114		
Piscis Austrinidák	PAU	07.09–08.17.	07.28.	35	341	–30	125	1.00	0.20
Déli Delta Aquaridák	SDA	07.08–08.19.	07.29.	41	333	–17	127	0.80	0.18
Alfa Capricornidák	CAP	07.03–08.25.	07.30.	23	307	–10	126	0.90	0.30
Déli Iota Aquaridák	SIA	07.15–08.25.	08.05.	34	333	–15	133	1.07	0.18

A raj neve	kódja	aktivitás	max.	v radiáns			vándorlása		
				$\frac{\text{km}}{\text{s}}$	RA °	D °	SL °	ΔRA °/d	ΔD °/d
Cassiopeidák	CAS	08.01–31.		31	18	59	137		
Északi Delta Aquaridák	NDA	07.14–08.25.	08.12.	42	339	–5	139	1.00	0.20
Perseidák	PER	07.21–08.24.	08.12.	59	46	57	139	1.35	0.12
Kappa Cygnidák	KCG	08.03–08.31.	08.18.	25	286	59	145		
Északi Iota Aquaridák	NIA	08.11–09.20.	08.20.	31	327	–6	147	1.03	0.13
Pi Eridanidák	ERI	08.20–09.05.	08.28.	59	52	–15	155	0.80	0.20
Déli Éta Cetidák	SEC	08.22–09.08.	08.31.		15	–20	158		
Aurigidák	AUR	08.24–09.05.	09.01.	66	85	42	159	1.10	0.00
Északi Éta Cetidák	NEC	08.14–09.15.	09.02.		20	–12	159		
Epszilon Eridanidák	EER	09.09–12.	09.10.		57	–12	167		
Kappa Aquaridák	KAQ	09.08–30.	09.21.	16	339	–2	178	1.00	0.20
Déli Piscidák	SPI	08.15–10.14.	09.24.	26	8	0	181	0.90	0.20
Októberi Capricornidák	OCC	09.20–10.14.	10.03.	15	303	–10	190	0.80	0.20
Andromedidák	AND	09.25–11.12.	10.03.	18	20	34	190	0.38	0.66
Szigma Orionidák	SOR	09.10–10.26.	10.05.	65	86	–3	192	1.20	0.00
Giacobinidák	GIA	10.06–10.	10.09.	20	262	54	196		
Északi Piscidák	NPI	09.25–10.19.	10.12.	29	26	14	199		
Epszilon Geminidák	EGE	10.14–27.	10.19.	69	104	27	206	1.00	0.00
Orionidák	ORI	10.02–11.07.	10.21.	66	95	16	208	1.23	0.13
Leo Minoridák	LMI	10.22–24.	10.24.	62	162	37	211		
Déli Tauridák	STA	09.15–11.26.	11.03.	27	51	14	221	0.79	0.15
Pegasidák	PEG	10.29–11.12.	11.12.	11	335	21	230		
Északi Tauridák	NTA	09.13–12.01.	11.13.	29	58	22	231	0.76	0.10
Leonidák	LEO	11.14–21.	11.17.	71	152	22	235	0.70	–0.42
Delta Eridanidák	DER	11.06–29.	11.18.		58	–9	236		
Alfa Monocerotidák	AMO	11.06–29.	11.20.	60	117	–6	238	1.10	–0.10
Északi Khi Orionidák	ORN	11.16–12.15.	12.02.	28	82	23	260	1.20	0.00
Delta Arietidák	ARI	12.08–14.	12.09.	13	52	22	257		
Monocerotidák	MON	11.27–12.17.	12.10.	42	100	14	258	1.20	0.00
Szigma Hydridák	HYD	12.03–15.	12.11.	58	127	2	259	0.70	–0.20
Déli Khi Orionidák	ORS	12.07–14.	12.11.	26	85	16	259		
Geminidák	GEM	12.04–18.	12.14.	34	112	33	262	1.02	–0.07
Coma Berenicidák	COM	12.12–01.23.	12.17.	65	175	25	265	0.88	–0.45
Ursidák	URS	12.17–26.	12.22.	33	217	75	270		
Omega Canis Maioridák	OCM	12.17–01.04.	12.27.		108	–25	275		

A táblázatban megtalálható a raj hivatalos neve, nemzetközi betűkódja, az aktivitás időszaka, amikor célzottan érdemes megfigyelni, és a legnagyobb gyakoriság időpontja. A fizikai adatok: v a rajtagok átlagos mozgási sebessége a Földhöz képest, RA és D a radiáns egyenlítői koordinátái, SL a Nap geocentrikus ekliptikai hosszúsága a gyakorisági maximum idején, ΔRA és ΔD a radiáns vándorlásának sebessége fok/nap egységben.

Fogyatkozások, fedések

(Minden időadat UT-ben)

Napfogyatkozások:

6.10. 21^h 54^m – 6.11. 1^h 34^m

Gyűrűs napfogyatkozás, Európából nem látható. A fogyatkozás sávja az Indonéz szigetvilágtól indulva a Csendes-óceánon halad át, Mexikó nyugati partjáig.

12.04. 5^h 50^m – 9^h 12^m

Teljes napfogyatkozás, Európából nem látható. A fogyatkozás sávja Afrika déli részén, az Indiai-óceánon és Ausztrálián halad át.

Holdfogyatkozások:

5.26. 10^h 13^m – 13^h 54^m

Részleges, félárnyékos holdfogyatkozás, hazánkból nem látható. Belépés a félárnyékba 10^h 13^m, a fogyatkozás közepe 12^h 03^m, kilépés a félárnyékból 13^h 54^m. A fogyatkozás nagysága a félárnyékban 0.715.

6.24. 20^h 18^m – 22^h 35^m

Részleges, félárnyékos holdfogyatkozás, hazánkból is látható. Belépés a félárnyékba 20^h 18^m, a fogyatkozás közepe 21^h 27^m, kilépés a félárnyékból 22^h 35^m. A fogyatkozás nagysága a félárnyékban 0.235.

11.19. 23^h 32^m – 11.20. 4^h 01^m

Részleges, félárnyékos holdfogyatkozás, hazánkból is látható. Belépés a félárnyékba 23^h 32^m, a fogyatkozás közepe 1^h 47^m, kilépés a félárnyékból 4^h 01^m. A fogyatkozás nagysága a félárnyékban 0.886.

A Hold bolygófedései

1.24. 16^h Szaturnusz-fedés

1.26. 19^h Jupiter-fedés

2.21. 0^h Szaturnusz-fedés

2.23. 2^h Jupiter-fedés

3.20. 10^h Szaturnusz-fedés

3.22. 12^h Jupiter-fedés

4.16. 21^h Szaturnusz-fedés

5.14. 8^h Szaturnusz-fedés

5.14. 19^h Mars-fedés

5.14. 23^h Vénusz-fedés

6.12. 12^h Mars-fedés

12.30. 1^h Mars-fedés

Ezek közül hazánkból is megfigyelhető:

4.16. 21^h Szaturnusz-fedés, a bolygó fényessége 0^m1, a Hold fázisa 0.15, növekvő.

Hazánkból csak a belépés látható, a Hold 21^h 33^m-kor lenyugszik.

A belépés időtartama 45^s.

belépés 20^h 57^m5 P = 135° h = 4°,

A Hold csillagfedései

dátum	UT h m s	ZC	név	m	J	fázis	h °	C °	P °	A m/o	B m/o
1.03.	02 41 21	1514	42 Leo	6.2	ki	0.82–	57	37É	341	+0.7	–2.7
04.	05 13 39	1647	118813	6.7	ki	0.72–	44	49É	332	+0.6	–2.2
05.	02 47 39	1755	119262	6.9	ki	0.61–	44	49É	334	+0.8	–1.5
07.	05 59 13	2008	139669	6.6	ki	0.38–	34	35É	346	+0.6	–1.9
08.	03 34 25	2110	158808	6.3	ki	0.28–	19	55É	323	+0.5	–0.3
17.	18 02 11	3396	165504	7.7	be	0.15+	11	51D	112	+1.3	–2.8
21.	18 49 13	0303	110325	6.4	be	0.50+	42	78É	58	+1.3	+0.2
21.	23 03 28	0322	64 Cet	5.6	be	0.51+	4	52É	33	+0.2	+0.4
23.	17 38 49	0527	93536	6.2	be	0.69+	58	38É	23	+0.8	+2.8
24.	19 12 28	0691	94022	6.3	be	0.79+	62	31D	140	+3.0	–4.8
25.	17 25 31	0828	77220	6.3	be	0.87+	51	83É	79	+1.1	+1.4
25.	23 46 47	0861	77420	6.3	be	0.88+	40	46D	132	+0.4	–2.9
26.	20 49 26	1017	78568	6.8	be	0.94+	66	35D	150	+1.8	–4.0
27.	03 11 11	1050	78816	5.7	be	0.95+	17	83É	90	+0.0	–1.3
28.	00 03 39	1178	82 Gem	6.3	be	0.99+	56	69É	87	+1.4	–0.8
31.	22 32 09	1702	ν Vir	4.0	ki	0.87–	32	70D	268	+1.1	+1.4
2.02.	23 35 04	1950	80 Vir	5.7	ki	0.67–	17	46É	334	+0.3	–0.7
04.	05 27 05	2088	158677	6.2	ki	0.54–	29	69É	309	+1.3	–1.2
05.	04 07 12	2209	ζ^1 Lib	5.6	ki	0.43–	24	58É	316	+1.1	–0.5
06.	02 21 05	2343	184309	6.3	ki	0.33–	7	65É	305	+0.5	+0.5
16.	17 13 05	0150	26 Cet	6.1	be	0.16+	28	52É	34	+0.7	+0.7
21.	15 19 36	0752	ι Tau	4.6	be	0.62+	51	85É	79	+1.2	+1.4
21.	18 28 21	0766	105 Tau	5.8	be	0.63+	63	37D	137	+2.2	–3.9
21.	22 32 37	0784	108 Tau	6.3	be	0.64+	30	57É	52	+0.8	–0.2
22.	00 08 57	0792	109 Tau	5.0	be	0.65+	14	70D	105	–0.2	–1.6
22.	18 34 19	0923	77971	6.7	be	0.73+	66	89D	91	+1.7	+0.0
22.	23 50 41	0956	9 Gem	6.2	be	0.75+	27	67É	69	+0.5	–0.9
23.	00 37 19	0960	78210	6.6	be	0.75+	19	89D	93	+0.1	–1.4
23.	18 17 35	1080	79065	6.7	be	0.82+	62	32É	39	+1.3	+3.2
23.	21 10 41	1092	48 Gem	5.8	be	0.83+	61	21É	29	+2.5	+4.2
3.02.	05 12 40	1921	65 Vir	5.9	ki	0.88–	18	74É	304	+0.7	–1.8
02.	22 33 18	2022	95 Vir	5.5	ki	0.82–	16	80D	277	+0.8	+1.1
03.	02 18 23	2033	κ Vir	4.2	ki	0.80–	32	74D	271	+1.8	–0.1
04.	04 40 01	2170	159085	6.7	ki	0.70–	23	26D	221	+3.0	+1.4
05.	02 22 59	2302	β^1 Sco	2.6	be	0.60–	19	–87É	98	+1.5	+0.6
05.	03 36 22	2303	β^2 Sco	4.8	ki	0.59–	23	60É	311	+1.3	–0.5
05.	03 36 34	2302	β^1 Sco	2.6	ki	0.59–	23	61É	310	+1.3	–0.5
17.	19 23 49	0352	92922	7.1	be	0.12+	8	67É	53	+0.2	–0.4
19.	20 17 01	0593	93721	5.9	m	0.27+	20	1D	169	+0.9	+3.1
20.	17 18 44	0725	76767	7.0	be	0.36+	57	87D	86	+1.6	–0.6

dátum	UT h m s	ZC	név	<i>m</i>	J	fázis	<i>h</i> °	<i>C</i> °	<i>P</i> °	<i>A</i> m/°	<i>B</i> m/°
3.21.	16 57 44	0865	77450	6.2	be	0.46+	65	37D	142	+2.1	-4.0
21.	21 25 21	0887	77647	7.0	be	0.47+	29	63D	116	+0.2	-2.1
27.	19 27 14	1702	ν Vir	4.0	be	0.99+	36	67É	109	+1.1	+0.4
30.	21 45 47	2088	158677	6.2	ki	0.93-	18	17É	356	-0.3	-1.9
4.16.	19 12 42	0700	76680	5.8	be	0.14+	20	22D	151	-0.9	-4.9
16.	20 57 27		Szturnusz	0.1	be	0.15+	4	39D	135	-0.8	-2.4
22.	21 34 25	1535	99150	6.8	be	0.76+	45	41É	65	+2.0	-0.2
23.	19 34 00	1647	118813	6.7	be	0.85+	51	73É	100	+1.6	-0.2
23.	22 25 59	1659	118859	6.7	be	0.85+	41	26É	54	+2.7	+0.6
5.15.	19 27 29	0954	8 Gem	6.1	be	0.11+	17	17D	163	-1.4	-4.1
16.	18 28 29	1092	48 Gem	5.8	be	0.18+	36	18D	168	-0.9	-4.7
17.	19 18 50	1239	80024	6.6	be	0.28+	36	32É	43	+1.8	+0.5
25.	01 03 29	2114	μ Lib	5.3	be	0.97+	11	75É	97	+0.9	-1.4
6.17.	20 26 44	1702	ν Vir	4.0	be	0.48+	28	47É	70	+1.2	-1.0
17.	21 06 56	1702	ν Vir	4.0	ki	0.48+	21	-34É	349	+0.0	-2.5
19.	22 08 22	1941	74 Vir	4.7	be	0.71+	17	28D	175	+0.4	-2.6
20.	20 55 24	2060	2 Lib	6.2	be	0.81+	27	57D	144	+1.0	-1.6
20.	21 26 09	2064	158550	6.3	be	0.81+	24	83É	104	+1.3	-1.2
22.	20 29 06	2330	184253	6.4	be	0.95+	21	51D	140	+1.1	-0.6
23.	22 56 34	2490	$\circ$ Oph	5.2	be	0.99+	17	74D	105	+1.6	-0.7
29.	01 32 41	3227	164827	6.3	ki	0.82-	24	38É	307	+2.9	-0.8
30.	00 02 39	3343	τ^1 Aqr	5.7	ki	0.75-	17	66É	275	+1.3	+1.3
7.06.	01 45 41	0478	93377	7.4	ki	0.20-	18	58É	285	+0.4	+1.3
17.	20 22 50	2028	96 Vir	6.5	be	0.57+	18	59D	141	+0.9	-1.9
20.	21 43 28	2434	24 Oph	5.6	be	0.87+	15	19É	24	+1.3	+2.1
26.	00 43 05	3178	164601	6.2	ki	0.97-	23	30D	206	+0.9	+1.1
29.	00 14 30	3536	30 Psc	4.4	ki	0.80-	30	75É	266	+1.7	+1.2
29.	02 40 21	0005	33 Psc	4.6	ki	0.80-	37	53D	213	+1.0	+1.3
31.	23 16 41	0322	64 Cet	5.6	ki	0.54-	16	66D	227	+0.1	+2.1
8.01.	00 22 24	0327	ω^1 Cet	4.4	ki	0.54-	27	77D	237	+0.5	+2.0
04.	00 09 26	0700	76680	5.8	ki	0.25-	11	55D	227	-0.4	+1.8
06.	02 29 19	1015	78557	6.5	ki	0.09-	19	61É	305	+0.4	+0.6
21.	21 33 37	3130	33 Cap	5.4	be	0.99+	21	51D	88	+1.9	+0.4
26.	22 43 23	0178	109727	6.5	ki	0.86-	32	69É	274	+1.5	+1.4
29.	01 23 40	0404	38 Ari	5.2	ki	0.69-	50	49D	213	+0.8	+2.4
29.	23 46 45	0505	93454	7.0	m	0.60-	33	14É	333	+0.8	+2.4
9.02.	01 27 46	0936	5 Gem	5.8	ki	0.30-	30	77D	258	+0.3	+1.6
03.	02 48 39	1099	52 Gem	5.8	M	0.20-	34	13É	356	+1.5	-1.9
03.	03 09 25	1097	79191	6.9	ki	0.20-	38	78É	291	+0.9	+0.7
04.	02 36 12	1239	80024	6.6	ki	0.12-	22	86D	283	+0.3	+1.1
09.	18 01 01	1941	74 Vir	4.7	m	0.10+	5	7É	25	+0.3	-1.6

dátum	UT h m s	ZC	név	m	J	fázis	h °	C °	P °	A m/°	B m/°
9.12.	17 56 22	2348	184331	6.8	be	0.39+	14	74É	83	+1.4	-0.9
13.	19 43 47	2500	ϑ Oph	3.3	be	0.50+	6	43D	141	+1.5	-2.2
18.	22 46 31	3227	164827	6.3	be	0.93+	20	76D	74	+1.4	-0.5
19.	21 23 53	3343	τ^1 Aqr	5.7	be	0.97+	29	29D	112	+2.8	-0.6
19.	22 52 00	3349	τ^2 Aqr	4.0	be	0.97+	27	71D	70	+1.6	-0.1
24.	20 48 01	0354	ω Ari	5.5	ki	0.90-	27	83D	249	+0.6	+1.9
28.	00 29 36	0739	76846	7.2	ki	0.66-	49	77É	277	+1.4	+1.0
29.	22 28 06	1030	ε Gem	3.1	be	0.47-	14	-1É	5	-2.4	+5.2
29.	22 39 57	1030	ε Gem	3.1	ki	0.47-	16	24É	340	+2.1	-2.6
30.	04 29 28	1055	37 Gem	5.7	ki	0.45-	67	36É	329	+2.0	-3.8
30.	23 13 35	1170	κ Gem	3.6	be	0.36-	12	-24É	35	-0.9	+2.6
30.	23 44 45	1168	79649	7.1	ki	0.36-	17	88É	283	+0.1	+1.1
30.	23 45 48	1170	κ Gem	3.6	ki	0.36-	17	48É	323	+0.7	-0.2
10.03.	03 00 02	1444	98783	7.8	ki	0.15-	25	66É	318	+0.7	-0.2
04.	03 11 04	1569	99280	6.9	ki	0.08-	15	62D	272	+0.2	+1.3
12.	15 51 51	2750	σ Sgr	2.0	be	0.44+	16	37É	32	+1.9	+1.4
12.	16 37 13	2750	σ Sgr	2.0	ki	0.44+	16	-30É	325	+2.0	-1.3
15.	18 25 55	3178	164601	6.2	be	0.74+	23	73É	50	+1.5	+0.9
26.	00 01 35	0839	121 Tau	5.4	ki	0.81-	56	24D	201	+0.3	+4.1
26.	21 12 14	0977	78331	6.3	ki	0.73-	22	90D	271	+0.1	+1.4
27.	06 40 41	1030	ε Gem	3.1	be	0.70-	42	-59D	124	+0.5	-2.4
27.	07 40 58	1030	ε Gem	3.1	ki	0.70-	32	67D	251	+0.7	-1.0
27.	21 55 04	1117	57 Gem	5.0	ki	0.63-	20	44É	323	+0.8	-0.2
28.	09 14 19	1170	κ Gem	3.6	ki	0.59-	26	79É	290	+0.1	-1.7
30.	01 23 06	1393	80809	6.5	ki	0.40-	32	65D	264	+0.6	+1.6
11.01.	03 04 14	1638	99553	8.1	ki	0.19-	24	65É	321	+0.6	-0.3
01.	04 47 32	1647	118813	6.7	ki	0.18-	39	67D	274	+1.3	+1.0
03.	04 14 09	1889	139186	8.4	ki	0.04-	9	88D	299	+0.3	+0.5
11.	18 03 48	3141	35 Cap	5.8	be	0.48+	19	27D	135	+4.0	-3.5
16.	16 35 31	0178	109727	6.5	be	0.90+	25	76É	47	+0.6	+2.1
16.	21 29 19	0192	89 Psc	5.1	be	0.91+	44	30É	1	+0.1	+3.1
20.	17 44 48	0628	ω^2 Tau	4.9	ki	1.00-	22	43É	314	+1.2	+0.2
20.	20 44 27	0646	76571	6.1	ki	0.99-	51	66D	241	+1.0	+1.9
20.	21 32 18	0651	76585	6.0	ki	0.99-	57	75D	249	+1.4	+1.5
21.	00 27 27	0665	76618	5.7	ki	0.99-	60	42É	310	+2.2	-3.8
23.	04 39 13	0977	78331	6.3	ki	0.91-	42	24D	204	+2.6	+3.3
24.	05 48 26	1117	57 Gem	5.0	ki	0.84-	39	76É	290	+0.6	-1.8
27.	01 32 23	1484	η Leo	3.5	be	0.56-	43	-84É	104	+1.2	+0.7
27.	02 45 55	1484	η Leo	3.5	ki	0.56-	53	79É	301	+1.4	-0.4
28.	02 06 33	1598	99392	6.5	ki	0.45-	37	80D	283	+1.1	+0.8
29.	04 47 56	1725	119125	7.6	ki	0.32-	44	75É	310	+1.2	-0.6

dátum	UT h m s	ZC	név	<i>m</i>	J	fázis	<i>h</i> °	<i>C</i> °	<i>P</i> °	<i>A</i> m/°	<i>B</i> m/°
12.10.	17 54 34	3343	τ^1 Aqr	5.7	be	0.41+	25	90É	69	+1.4	-0.3
10.	19 30 20	3349	τ^2 Aqr	4.0	be	0.41+	15	56É	35	+0.4	+0.3
15.	15 35 30	0354	ω Ari	5.5	be	0.84+	28	79D	79	+0.7	+1.8
16.	00 27 03	0384	31 Ari	5.6	be	0.86+	22	66É	45	+0.6	+0.0
18.	02 34 45	0628	ω^2 Tau	4.9	be	0.97+	22	71D	97	+0.2	-1.7
20.	17 21 34	1030	ε Gem	3.1	ki	0.99-	17	89É	265	-0.1	+1.4
20.	23 04 55	1055	37 Gem	5.7	ki	0.98-	67	87D	262	+1.7	+0.7
21.	18 28 28	1170	κ Gem	3.6	ki	0.96-	18	75D	258	-0.1	+1.6
23.	01 56 46	1334	80529	7.0	ki	0.88-	64	31É	341	+0.8	-3.4
25.	01 54 09	1569	99280	6.9	ki	0.71-	51	35D	235	+2.7	+3.8
26.	05 42 21	1702	ν Vir	4.0	be	0.59-	45	-29É	51	+4.0	+2.0
26.	06 03 09	1702	ν Vir	4.0	ki	0.59-	43	5É	17	-1.7	-4.8
28.	02 48 27	1921	65 Vir	5.9	ki	0.37-	25	37É	345	+0.2	-1.4
28.	03 40 11	1924	66 Vir	5.8	ki	0.37-	31	45É	338	+0.5	-1.1
31.	05 18 55	2327	184240	6.7	ki	0.08-	10	33É	336	+0.1	-0.5

Útmutató A Hold csillagfedései című táblázathoz

Az előrejelzések 10 cm-es távcsőátmérőre készültek.

UT = a jelenség előrejelzett időpontja UT-ben,

ZC = a csillag Zodiocal Catalog szerinti száma,

név = ha csak szám áll, az a csillag SAO katalógusszáma,

m = a csillag fényessége,

J = jelenség: be = belépés, ki = kilépés,

a fázis = jel esetén csökkenő, + jel esetén növekvő,

h = a Hold látóhatár feletti magassága,

C = a jelenség pozíciósöge a Hold terminátorának északi (É), illetve déli (D) csúcsától, negatív értéknél a világos, pozitívnál a sötét oldalon,

P = a jelenség pozíciósöge.

A = hosszúsági együttható,

B = szélességi együttható,

e két szám segítségével a (λ , φ) földrajzi koordinátájú megfigyelőhelyen a táblázatban előrejelzett t_0 időpont helyett az alábbi t időpontban várható a jelenség:

$$t = t_0 + (\lambda - 19^\circ 0')A + (\varphi - 47^\circ 5')B.$$

$m < 4^m.0$

Csillagkatalógus J2002.5-re

 $\delta > -30^\circ$

csillag	RA h m s	ΔRA s/év	D ° ' "	ΔD "/év	μ_{RA} s	μ_D "	v_{rad} km/s	π "	m
α And	0 08 31.0	+3.11	+29 06 15	+19.9	1.039	-16.33	-12.0	0.024	2.06
β Cas	0 09 18.8	+3.23	+59 09 49	+19.8	6.827	-18.09	11.0	0.072	2.27
γ Peg	0 13 21.9	+3.10	+15 11 51	+20.0	0.019	-1.20	4.0	0.000	2.83
ι Cet	0 19 33.3	+3.06	-8 48 36	+19.9	-0.093	-3.61	19.0	0.010	3.56
ζ Cas	0 37 06.7	+3.37	+53 54 38	+19.8	0.219	-0.91	2.0	0.004	3.66
δ And	0 39 27.8	+3.22	+30 52 29	+19.7	1.060	-9.15	-7.0	0.024	3.27
α Cas	0 40 39.0	+3.44	+56 33 04	+19.7	0.636	-3.19	-4.0	0.016	2.23
β Cet	0 43 42.9	+3.01	-17 58 23	+19.7	1.637	3.25	13.0	0.057	2.04
γ Cas	0 56 51.7	+3.66	+60 43 49	+19.4	0.355	-0.53	-7.0	0.034	2.47
μ And	0 56 53.6	+3.35	+38 30 46	+19.5	1.297	3.27	8.0	0.032	3.87
η Cet	1 08 42.9	+3.02	-10 10 09	+19.0	1.474	-13.83	12.0	0.032	3.45
β And	1 09 52.4	+3.38	+35 38 01	+19.0	1.457	-11.35	3.0	0.043	2.06
ϑ Cet	1 24 08.9	+3.00	-8 10 14	+18.5	-0.532	-21.85	17.0	0.034	3.60
δ Cas	1 25 58.9	+3.97	+60 14 53	+18.6	3.993	-5.11	7.0	0.029	2.68
η Psc	1 31 37.1	+3.22	+15 21 31	+18.5	0.193	-0.55	15.0	0.015	3.62
51 And	1 38 08.8	+3.71	+48 38 27	+18.1	0.652	-11.33	16.0	0.021	3.57
τ Cet	1 44 11.1	+2.79	-15 55 28	+18.9	-11.911	85.64	-16.2	0.275	3.50
ζ Cet	1 51 35.0	+2.96	-10 19 22	+17.7	0.276	-3.90	9.0	0.038	3.73
α Tri	1 53 13.5	+3.44	+29 35 27	+17.4	0.087	-23.51	-13.0	0.050	3.41
ε Cas	1 54 34.6	+4.37	+63 40 56	+17.6	0.476	-2.08	-8.0	0.010	3.38
β Ari	1 54 46.7	+3.33	+20 49 13	+17.5	0.684	-11.11	-2.0	0.063	2.64
γ^1 And	2 04 03.2	+3.71	+42 20 30	+17.1	0.404	-5.17	-12.0	0.013	2.26
α Ari	2 07 18.9	+3.39	+23 28 27	+16.9	1.383	-14.83	-14.0	0.043	2.00
β Tri	2 09 41.6	+3.59	+34 59 56	+16.9	1.218	-4.03	10.0	0.012	3.00
α UMi	2 34 39.3	+69.24	+89 16 30	+15.6	19.877	-1.52	-17.0	0.007	2.02
41 Ari	2 50 07.9	+3.55	+27 16 14	+14.7	0.500	-11.75	4.0	0.031	3.63
η Per	2 50 52.8	+4.42	+55 54 21	+14.7	0.203	-1.42	-1.0	0.006	3.76
τ Per	2 54 26.2	+4.29	+52 46 21	+14.5	-0.004	-0.54	2.0	0.012	3.95
η Eri	2 56 33.0	+2.93	-8 53 18	+14.2	0.536	-21.95	-20.0	0.027	3.89
α Cet	3 02 24.6	+3.14	+4 05 58	+13.9	-0.063	-7.80	-26.0	0.009	2.53
γ Per	3 04 58.7	+4.38	+53 30 58	+13.9	-0.001	-0.47	3.0	0.011	2.93
ρ Per	3 05 20.3	+3.86	+38 50 59	+13.7	1.110	-10.56	28.0	0.011	3.39
β Per	3 08 19.9	+3.92	+40 57 55	+13.6	0.031	-0.09	4.0	0.031	2.12
α Per	3 24 30.1	+4.31	+49 52 12	+12.6	0.246	-2.46	-2.0	0.029	1.80
σ Tau	3 24 56.9	+3.24	+9 02 15	+12.5	-0.445	-7.80	-21.0	0.011	3.60
ξ Tau	3 27 18.3	+3.26	+9 44 29	+12.3	0.405	-3.89	-2.0	0.000	3.74
ε Eri	3 33 02.9	+2.83	-9 27 00	+12.0	-6.580	2.10	15.4	0.303	3.73
δ Per	3 43 06.2	+4.30	+47 47 43	+11.2	0.280	-3.42	4.0	0.016	3.01
δ Eri	3 43 22.1	+2.88	-9 45 18	+12.0	-0.622	74.48	-6.0	0.109	3.54
17 Tau	3 45 01.5	+3.57	+24 07 16	+11.1	0.142	-4.61	12.0	0.019	3.70
ν Per	3 45 21.9	+4.10	+42 35 10	+11.1	-0.130	-0.16	-13.0	0.014	3.77
η Tau	3 47 38.0	+3.58	+24 06 46	+10.9	0.136	-4.60	10.0	0.008	2.87
27 Tau	3 49 18.7	+3.58	+24 03 39	+10.8	0.130	-4.67	9.0	0.000	3.63
ζ Per	3 54 17.4	+3.78	+31 53 27	+10.4	0.045	-1.02	20.0	0.010	2.85

csillag	RA h m s	ΔRA s/év	D " ' "	ΔD "/év	μ_{RA} s	μ_D "	v_{rad} km/s	π "	m
ε Per	3 58 01.3	+4.04	+40 01 02	+10.1	0.156	-2.58	1.0	0.009	2.89
γ Eri	3 58 08.8	+2.80	-13 30 06	+10.1	0.420	-11.14	62.0	0.010	2.95
λ Tau	4 00 49.1	+3.33	+12 29 50	+9.9	-0.043	-1.24	18.0	0.002	3.47
ν Tau	4 03 17.4	+3.20	+5 59 46	+9.8	0.035	-0.32	-6.0	0.022	3.91
γ Tau	4 19 56.2	+3.42	+15 38 01	+8.5	0.799	-2.50	39.0	0.028	3.63
δ^1 Tau	4 23 04.8	+3.47	+17 32 53	+8.2	0.747	-2.96	39.0	0.016	3.76
ε Tau	4 28 45.8	+3.51	+19 11 09	+7.7	0.756	-3.77	39.0	0.018	3.54
α Tau	4 36 03.9	+3.45	+16 30 51	+7.0	0.439	-18.97	54.0	0.048	0.85
ν Eri	4 36 26.6	+3.00	-3 20 51	+7.1	0.013	-0.52	15.0	0.000	3.93
53 Eri	4 38 17.7	+2.75	-14 17 57	+6.8	-0.519	-15.56	42.0	0.036	3.87
π^3 Ori	4 49 58.6	+3.26	+6 57 56	+6.0	3.130	1.15	24.0	0.125	3.19
π^4 Ori	4 51 20.4	+3.20	+5 36 33	+5.9	-0.009	0.06	23.0	0.001	3.69
π^5 Ori	4 54 22.9	+3.13	+2 26 41	+5.7	0.002	-0.03	23.0	0.003	3.72
ι Aur	4 57 09.4	+3.92	+33 10 11	+5.4	0.027	-1.79	18.0	0.015	2.69
ε Aur	5 02 08.9	+4.32	+43 49 36	+5.0	-0.006	-0.38	-3.0	0.007	2.99
ζ Aur	5 02 39.2	+4.20	+41 04 45	+4.9	0.076	-2.20	13.0	0.005	3.75
ε Lep	5 05 34.0	+2.54	-22 22 04	+4.6	0.180	-7.38	1.0	0.011	3.19
η Aur	5 06 41.4	+4.22	+41 14 16	+4.6	0.259	-6.78	7.0	0.013	3.17
β Eri	5 07 58.4	+2.95	-5 05 00	+4.4	-0.633	-8.08	-9.0	0.042	2.79
μ Lep	5 13 02.6	+2.70	-16 12 10	+4.1	0.296	-2.59	28.0	0.018	3.31
β Ori	5 14 39.5	+2.89	-8 11 56	+3.9	0.003	-0.13	21.0	0.013	0.12
α Aur	5 16 52.5	+4.44	+46 00 01	+3.3	0.728	-42.47	30.0	0.073	0.08
τ Ori	5 17 43.7	+2.92	-6 50 31	+3.7	-0.101	-0.82	20.0	0.006	3.60
γ Ori	5 25 15.9	+3.22	+6 21 06	+3.0	-0.059	-1.39	18.0	0.026	1.64
β Tau	5 26 27.0	+3.80	+28 36 34	+2.7	0.169	-17.51	9.0	0.018	1.65
β Lep	5 28 21.2	+2.57	-20 45 27	+2.7	-0.031	-8.86	-14.0	0.014	2.84
δ Ori	5 32 08.1	+3.07	-0 17 51	+2.4	0.010	-0.22	16.0	0.014	2.23
α Lep	5 32 50.4	+2.65	-17 49 14	+2.4	0.007	0.19	24.0	0.007	2.58
ι Ori	5 35 33.3	+2.94	-5 54 30	+2.1	0.000	0.11	22.0	0.021	2.76
ε Ori	5 36 20.4	+3.05	-1 12 02	+2.1	0.006	-0.24	26.0	0.000	1.70
ζ Tau	5 37 47.7	+3.59	+21 08 38	+1.9	0.002	-2.10	20.0	0.008	3.00
γ Lep	5 44 34.0	+2.50	-22 26 52	+1.0	-2.114	-36.98	-10.0	0.122	3.60
ζ Lep	5 47 04.1	+2.72	-14 49 16	+1.1	-0.109	-0.06	20.0	0.042	3.55
κ Ori	5 47 52.5	+2.85	-9 40 08	+1.1	0.013	-0.24	21.0	0.015	2.06
δ Lep	5 51 25.7	+2.58	-20 52 45	+0.1	1.623	-64.89	99.3	0.022	3.81
α Ori	5 55 18.4	+3.25	+7 24 26	+0.4	0.173	0.87	21.0	0.005	0.50
η Lep	5 56 31.1	+2.73	-14 10 03	+0.4	-0.286	13.93	-2.0	0.061	3.71
δ Aur	5 59 44.0	+4.94	+54 17 05	-0.1	0.926	-12.54	8.0	0.020	3.72
β Aur	5 59 42.7	+4.40	+44 56 51	+0.0	-0.541	0.03	-18.0	0.037	1.90
β CMa	6 22 48.6	+2.64	-17 57 26	-2.0	-0.044	0.03	34.0	0.014	1.98
μ Gem	6 23 06.7	+3.63	+22 30 43	-2.1	0.391	-11.10	55.0	0.021	2.88
γ Gem	6 37 51.4	+3.47	+16 23 49	-3.3	0.293	-4.16	-13.0	0.031	1.93
ε Gem	6 44 05.1	+3.69	+25 07 42	-3.8	-0.041	-1.34	10.0	0.017	2.98
α CMa	6 45 15.5	+2.64	-16 43 11	-5.1	-3.847	-120.53	-7.6	0.375	-1.46
ζ Gem	6 45 25.8	+3.37	+12 53 34	-4.1	-0.791	-19.14	25.0	0.051	3.36

csillag	RA h m s	ΔRA s/év	D ° ' "	ΔD "/év	μ_{RA} s	μ_D "	v_{rad} km/s	π "	m
ϑ Gem	6 52 57.2	+3.95	+33 57 29	-4.6	-0.017	-4.81	21.0	0.021	3.60
ε CMa	6 58 43.4	+2.36	-28 58 32	-5.1	0.031	0.28	27.0	0.000	1.50
σ CMa	7 01 49.1	+2.39	-27 56 19	-5.3	-0.038	0.49	22.0	0.017	3.46
σ^2 CMa	7 03 07.7	+2.51	-23 50 14	-5.4	-0.031	0.32	48.0	0.000	3.03
ζ Gem	7 04 15.4	+3.56	+20 33 59	-5.5	-0.065	-0.05	7.0	0.000	3.79
δ CMa	7 08 29.6	+2.44	-26 23 50	-5.9	-0.024	0.44	34.0	0.000	1.86
λ Gem	7 18 14.2	+3.45	+16 32 08	-6.7	-0.331	-3.66	-9.0	0.041	3.58
δ Gem	7 20 16.3	+3.58	+21 58 39	-6.9	-0.188	-1.23	4.0	0.059	3.53
η CMa	7 24 11.6	+2.37	-29 18 29	-7.2	-0.031	0.53	41.0	0.000	2.44
ι Gem	7 25 52.9	+3.72	+27 47 34	-7.4	-0.926	-8.61	8.0	0.031	3.79
β CMi	7 27 17.2	+3.25	+8 17 03	-7.5	-0.350	-3.83	22.0	0.020	2.90
α Gem	7 34 45.6	+3.82	+31 52 58	-8.2	-1.347	-9.87	-1.0	0.072	1.58
α CMi	7 39 26.0	+3.14	+5 13 06	-9.4	-4.755	-102.29	-3.0	0.288	0.38
α Mon	7 41 22.0	+2.87	-9 33 26	-8.6	-0.493	-1.92	11.0	0.019	3.93
κ Gem	7 44 35.9	+3.62	+24 23 31	-8.9	-0.244	-5.23	21.0	0.025	3.57
β Gem	7 45 28.1	+3.66	+28 01 12	-8.9	-4.740	-4.59	3.0	0.093	1.14
ξ Pup	7 49 24.0	+2.52	-24 51 58	-9.2	-0.022	-0.18	3.0	0.003	3.34
ϱ Pup	8 07 39.0	+2.56	-24 18 42	-10.5	-0.606	4.92	46.0	0.031	2.81
β Cnc	8 16 39.1	+3.25	+9 10 40	-11.3	-0.298	-4.89	22.0	0.014	3.52
(Hya)	8 25 47.1	+3.00	-3 54 53	-11.9	-0.444	-2.29	10.0	0.019	3.90
σ UMa	8 30 28.2	+4.94	+60 42 35	-12.3	-1.818	-10.73	20.0	0.009	3.36
δ Cnc	8 44 49.6	+3.40	+18 08 42	-13.4	-0.126	-22.81	17.0	0.025	3.94
ζ Hya	8 55 31.6	+3.17	+5 56 09	-13.9	-0.665	1.44	23.0	0.029	3.11
ι UMa	8 59 22.7	+4.08	+48 01 54	-14.4	-4.428	-22.64	9.0	0.066	3.14
κ UMa	9 03 47.7	+4.07	+47 08 47	-14.5	-0.323	-5.41	4.0	0.010	3.60
ϑ Hya	9 14 29.7	+3.12	+2 18 13	-15.3	0.862	-31.00	-10.0	0.019	3.88
α Lyn	9 21 12.4	+3.64	+34 22 55	-15.4	-1.789	1.87	38.0	0.021	3.13
α Hya	9 27 42.6	+2.95	-8 40 11	-15.7	-0.093	3.28	-4.0	0.017	1.98
23 UMa	9 31 43.4	+4.68	+63 03 03	-16.0	1.604	2.77	-10.0	0.034	3.67
ϑ UMa	9 33 01.4	+3.98	+51 39 57	-16.6	-10.253	-53.14	15.0	0.052	3.17
ι Hya	9 39 59.0	+3.06	-1 09 16	-16.5	0.324	-6.43	23.0	0.020	3.91
σ Leo	9 41 17.0	+3.20	+9 52 51	-16.5	-0.961	-3.67	27.0	0.028	3.52
ε Leo	9 45 59.6	+3.40	+23 45 45	-16.7	-0.337	-1.10	4.0	0.010	2.98
ν UMa	9 51 09.9	+4.22	+59 01 37	-17.1	-3.797	-15.12	27.0	0.036	3.80
μ Leo	9 52 54.3	+3.40	+25 59 42	-17.1	-1.602	-5.59	14.0	0.022	3.88
η Leo	10 07 28.1	+3.26	+16 45 01	-17.7	-0.011	-0.04	3.0	0.003	3.52
α Leo	10 08 30.3	+3.19	+11 57 18	-17.7	-1.693	0.64	6.0	0.039	1.35
λ Hya	10 10 42.6	+2.93	-12 21 59	-17.9	-1.379	-8.85	19.0	0.014	3.61
ζ Leo	10 16 49.7	+3.33	+23 24 17	-18.1	0.131	-0.71	-16.0	0.017	3.44
λ UMa	10 17 14.8	+3.60	+42 54 07	-18.1	-1.494	-3.78	18.0	0.030	3.45
μ UMa	10 22 28.6	+3.56	+41 29 13	-18.2	-0.726	3.45	-21.0	0.031	3.05
μ Hya	10 26 12.7	+2.91	-16 50 57	-18.5	-0.890	-7.99	40.0	0.013	3.81
ϱ Leo	10 32 56.6	+3.16	+9 17 37	-18.6	-0.044	-0.27	42.0	0.011	3.85
ν Hya	10 49 44.9	+2.96	-16 12 25	-18.9	0.654	20.02	-1.0	0.022	3.11
46 LMi	10 53 27.1	+3.34	+34 12 05	-19.5	0.700	-27.85	16.0	0.017	3.83

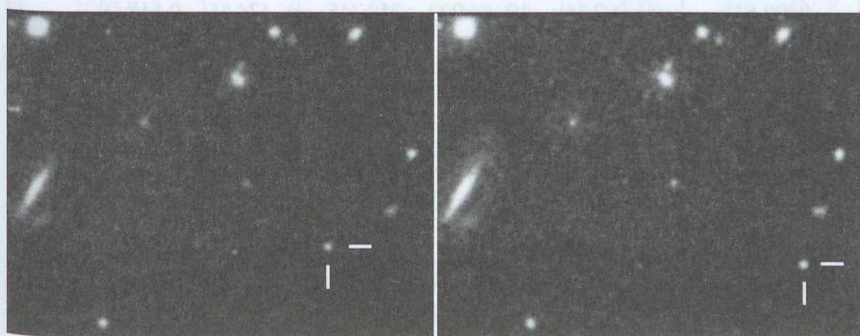
csillag	RA h m s	ΔRA s/év	D ° ' "	ΔD "/év	μ_{RA} s	μ_D "	v_{rad} km/s	π "	m
β UMa	11 01 59.5	+3.59	+56 22 08	-19.4	0.988	3.40	-12.0	0.042	2.37
α UMa	11 03 52.8	+3.66	+61 44 14	-19.5	-1.675	-6.65	-9.0	0.031	1.79
ψ UMa	11 09 48.2	+3.35	+44 29 06	-19.6	-0.604	-2.77	-4.0	0.000	3.01
δ Leo	11 14 14.5	+3.18	+20 30 36	-19.8	1.011	-12.98	-20.0	0.040	2.56
ϑ Leo	11 14 22.3	+3.14	+15 24 57	-19.7	-0.420	-7.86	8.0	0.019	3.34
ν UMa	11 18 36.8	+3.23	+33 04 50	-19.7	-0.205	2.84	-9.0	0.013	3.48
δ Crt	11 19 28.0	+3.00	-14 47 32	-19.5	-0.844	20.75	-5.0	0.019	3.56
λ Dra	11 31 33.0	+3.51	+69 19 02	-19.9	-0.733	-1.71	7.0	0.024	3.84
χ UMa	11 46 10.9	+3.15	+47 45 56	-20.0	-1.361	2.95	-9.0	0.014	3.71
β Leo	11 49 11.2	+3.06	+14 33 29	-20.1	-3.422	-11.41	0.0	0.076	2.14
β Vir	11 50 49.5	+3.13	+1 45 02	-20.3	4.954	-27.11	5.0	0.098	3.61
γ UMa	11 53 57.7	+3.13	+53 40 51	-20.0	1.073	1.17	-13.0	0.020	2.44
ε Crv	12 10 15.2	+3.09	-22 38 01	-20.0	-0.512	1.35	5.0	0.020	3.00
δ UMa	12 15 32.9	+2.95	+57 01 07	-20.0	1.270	0.94	-13.0	0.052	3.31
γ Crv	12 15 56.1	+3.09	-17 33 21	-20.0	-1.124	2.33	-4.0	0.000	2.59
η Vir	12 20 02.0	+3.07	-0 40 50	-20.0	-0.419	-1.81	2.0	0.010	3.89
δ Crv	12 29 59.6	+3.11	-16 31 46	-20.0	-1.460	-13.80	9.0	0.018	2.95
κ Dra	12 33 35.3	+2.53	+69 46 28	-19.8	-1.130	1.19	-11.0	0.010	3.87
β Crv	12 34 31.1	+3.16	-23 24 38	-19.9	0.016	-5.39	-8.0	0.027	2.65
ε UMa	12 54 08.3	+2.63	+55 56 47	-19.5	1.328	-0.58	-9.0	0.009	1.77
δ Vir	12 55 43.8	+3.02	+3 23 02	-19.5	-3.129	-5.39	-18.0	0.017	3.38
α^2 CVn	12 56 08.7	+2.80	+38 18 18	-19.4	-1.987	5.65	-3.0	0.023	2.90
ε Vir	13 02 18.1	+2.99	+10 56 45	-19.3	-1.854	2.00	-14.0	0.036	2.83
γ Hya	13 19 03.5	+3.27	-23 11 05	-18.9	0.467	-4.47	-5.0	0.021	3.00
ζ UMa	13 24 01.6	+2.41	+54 54 45	-18.7	1.411	-2.00	-6.0	0.037	2.27
α Vir	13 25 19.5	+3.17	-11 10 27	-18.7	-0.278	-2.83	1.0	0.021	0.97
ζ Vir	13 34 49.2	+3.06	-0 36 31	-18.3	-1.899	4.21	-13.0	0.035	3.37
η UMa	13 47 38.3	+2.36	+49 18 03	-17.9	-1.249	-1.09	-11.0	0.035	1.86
η Boo	13 54 48.2	+2.86	+18 23 07	-17.9	-0.440	-35.83	0.0	0.102	2.68
α Dra	14 04 27.4	+1.63	+64 21 50	-17.1	-0.842	1.83	-13.0	0.011	3.65
π Hya	14 06 30.9	+3.43	-26 41 40	-17.2	0.328	-13.89	27.0	0.039	3.27
α Boo	14 15 46.5	+2.74	+19 10 10	-18.6	-7.714	-199.84	-5.0	0.090	-0.04
ϱ Boo	14 31 56.3	+2.59	+30 21 38	-15.7	-0.772	11.94	-14.0	0.025	3.58
γ Boo	14 32 10.7	+2.42	+38 17 51	-15.6	-0.966	15.32	-37.0	0.016	3.03
μ Vir	14 43 11.6	+3.17	-5 40 08	-15.5	0.729	-31.60	5.0	0.039	3.88
109 Vir	14 46 22.5	+3.04	+1 52 57	-15.0	-0.758	-2.64	-6.0	0.030	3.72
β UMi	14 50 42.0	-0.12	+74 08 43	-14.7	-0.763	1.22	17.0	0.031	2.08
α^2 Lib	14 51 01.0	+3.33	-16 03 07	-14.8	-0.734	-6.68	-10.0	0.049	2.75
β Boo	15 02 02.4	+2.26	+40 22 51	-14.1	-0.356	-2.78	-20.0	0.022	3.50
σ Lib	15 04 13.0	+3.52	-25 17 30	-14.0	-0.540	-4.30	-4.0	0.056	3.29
δ Boo	15 15 36.2	+2.42	+33 18 20	-13.3	0.689	-11.20	-12.0	0.028	3.49
β Lib	15 17 08.5	+3.24	-9 23 31	-13.1	-0.649	-1.91	-35.0	0.000	2.61
γ UMi	15 20 43.6	-0.06	+71 49 30	-12.8	-0.401	2.02	-4.0	0.003	3.05
ι Dra	15 24 59.1	+1.34	+58 57 27	-12.5	-0.117	1.73	-11.0	0.032	3.29
β CrB	15 27 55.9	+2.48	+29 05 50	-12.3	-1.369	8.63	-19.0	0.031	3.68

csillag	RA h m s	ΔRA s/év	D ° ' "	ΔD "/év	μ_{RA} s	μ_D "	v_{rad} km/s	π "	m
α CrB	15 34 47.6	+2.54	+26 42 23	-12.0	0.906	-8.86	2.0	0.043	2.23
γ Lib	15 35 40.0	+3.36	-14 47 52	-11.8	0.445	0.88	-28.0	0.033	3.91
ν Lib	15 37 10.6	+3.65	-28 08 35	-11.7	-0.069	0.27	-25.0	0.037	3.58
α Ser	15 44 23.5	+2.96	+6 25 04	-11.1	0.917	4.68	3.0	0.046	2.65
β Ser	15 46 18.2	+2.77	+15 24 51	-11.1	0.463	-4.50	-1.0	0.034	3.67
μ Ser	15 49 45.1	+3.14	-3 26 16	-10.8	-0.574	-2.40	-9.0	0.007	3.54
ε Ser	15 50 56.5	+3.00	+4 28 13	-10.6	0.858	6.28	-9.0	0.035	3.71
γ Ser	15 56 34.1	+2.78	+15 39 13	-11.6	2.158	-128.14	7.0	0.069	3.85
π Sco	15 59 00.2	+3.64	-26 07 16	-10.1	-0.084	-2.55	-3.0	0.010	2.89
δ Sco	16 00 28.9	+3.56	-22 37 43	-10.0	-0.085	-2.22	-7.0	0.000	2.32
β^1 Sco	16 05 35.0	+3.50	-19 48 44	-9.6	-0.039	-1.91	-1.0	0.009	2.62
δ Oph	16 14 28.6	+3.15	-3 42 02	-9.0	-0.294	-14.30	-20.0	0.029	2.74
ε Oph	16 18 27.2	+3.18	-4 41 54	-8.6	0.566	4.10	-10.0	0.036	3.24
τ Her	16 19 49.0	+1.81	+46 18 27	-8.4	-0.109	4.00	-14.0	0.027	3.89
σ Sco	16 21 20.5	+3.66	-25 35 55	-8.4	-0.076	-2.07	3.0	0.000	2.89
γ Her	16 22 01.8	+2.65	+19 08 51	-8.3	-0.330	4.32	-35.0	0.015	3.75
α Sco	16 29 33.7	+3.69	-26 26 14	-7.7	-0.071	-2.03	-3.0	0.019	0.96
β Her	16 30 19.7	+2.58	+21 29 03	-7.7	-0.702	-1.46	-26.0	0.017	2.77
τ Sco	16 36 02.3	+3.74	-28 13 16	-7.2	-0.064	-2.21	2.0	0.020	2.82
ζ Oph	16 37 17.8	+3.31	-10 34 19	-7.1	0.092	2.63	-15.0	0.003	2.56
η Her	16 42 58.9	+2.06	+38 55 04	-6.7	0.318	-8.25	8.0	0.053	3.53
κ Oph	16 57 47.2	+2.84	+9 22 17	-5.4	-1.969	-1.05	-56.0	0.026	3.20
ε Her	17 00 23.1	+2.30	+30 55 22	-5.1	-0.362	2.76	-25.0	0.022	3.92
ζ Dra	17 08 47.7	+0.18	+65 42 42	-4.4	-0.324	2.18	-17.0	0.017	3.17
η Oph	17 10 31.3	+3.45	-15 43 40	-4.2	0.260	9.50	-1.0	0.052	2.43
δ Her	17 15 08.1	+2.47	+24 50 11	-4.1	-0.151	-15.69	-40.0	0.034	3.14
π Her	17 15 08.1	+2.09	+36 48 23	-3.9	-0.215	0.36	-26.0	0.020	3.16
ϑ Oph	17 22 09.8	+3.69	-25 00 07	-3.3	-0.026	-1.99	-2.0	0.000	3.27
β Dra	17 30 29.4	+1.36	+52 17 59	-2.6	-0.171	1.48	-20.0	0.013	2.79
α Oph	17 35 03.0	+2.79	+12 33 30	-2.4	0.822	-22.64	13.0	0.056	2.08
ξ Ser	17 37 43.8	+3.44	-15 24 00	-2.0	-0.289	-5.82	-43.0	0.026	3.54
ι Her	17 39 32.1	+1.70	+46 00 18	-1.8	-0.047	0.53	-20.0	0.005	3.80
β Oph	17 43 35.8	+2.97	+4 33 59	-1.3	-0.267	15.95	-12.0	0.023	2.77
μ Her	17 46 33.4	+2.35	+27 43 10	-1.9	-2.339	-75.12	-15.6	0.108	3.42
γ Oph	17 48 01.1	+3.01	+2 42 23	-1.1	-0.146	-7.39	-7.0	0.032	3.75
ξ Dra	17 53 34.3	+1.04	+56 52 20	-0.5	1.144	7.97	-26.0	0.031	3.75
ϑ Her	17 56 20.3	+2.06	+37 15 01	-0.3	0.036	0.64	-27.0	0.002	3.86
γ Dra	17 56 39.9	+1.40	+51 29 19	-0.3	-0.081	-1.94	-28.0	0.017	2.23
ξ Her	17 57 51.7	+2.33	+29 14 52	-0.2	0.642	-1.69	-2.0	0.018	3.70
ν Oph	17 59 09.9	+3.30	-9 46 26	-0.2	-0.044	-11.58	13.0	0.015	3.34
72 Oph	18 07 28.1	+2.85	+9 33 52	+0.7	-0.407	7.99	-24.0	0.037	3.73
o Her	18 07 38.4	+2.34	+28 45 47	+0.7	0.009	0.95	-30.0	0.005	3.83
μ Sgr	18 13 54.8	+3.59	-21 03 29	+1.2	0.012	0.13	-6.0	0.012	3.86
δ Sgr	18 21 09.3	+3.84	-29 49 37	+1.8	0.271	-2.80	-20.0	0.039	2.70
χ Dra	18 21 00.7	-1.09	+72 44 02	+1.5	11.941	-34.95	32.5	0.120	3.57

csillag	RA h m s	ΔRA s/év	D o ' "	ΔD "/év	μ_{RA} s	μ_D "	v_{rad} km/s	π "	m
η Ser	18 21 26.4	+3.11	-2 53 53	+1.2	-3.651	-70.03	9.0	0.054	3.26
109 Her	18 23 48.3	+2.56	+21 46 16	+1.8	1.407	-24.22	-58.0	0.016	3.84
λ Sgr	18 28 07.5	+3.70	-25 25 12	+2.3	-0.324	-18.52	-43.0	0.046	2.81
α Sct	18 35 20.6	+3.27	-8 14 32	+2.8	-0.102	-31.21	36.0	0.013	3.85
α Lyr	18 37 01.4	+2.03	+38 47 10	+3.5	1.726	28.61	-14.0	0.123	0.03
φ Sgr	18 45 48.8	+3.75	-26 59 17	+4.0	0.398	0.04	22.0	0.000	3.17
β Lyr	18 50 10.3	+2.22	+33 21 57	+4.3	0.026	-0.30	-19.0	0.000	3.45
σ Sgr	18 55 25.2	+3.72	-26 17 36	+4.7	0.099	-5.42	-11.0	0.000	2.02
ξ^2 Sgr	18 57 52.7	+3.58	-21 06 11	+5.0	0.235	-1.16	-20.0	0.011	3.51
γ Lyr	18 59 02.2	+2.25	+32 41 35	+5.1	-0.016	0.23	-21.0	0.011	3.24
ζ Aql	19 05 31.5	+2.76	+13 52 02	+5.6	-0.035	-9.60	-25.0	0.036	2.99
λ Aql	19 06 22.9	+3.18	-4 52 43	+5.6	-0.115	-8.99	-12.0	0.025	3.44
τ Sgr	19 07 05.8	+3.74	-27 40 00	+5.5	-0.401	-25.05	45.0	0.038	3.32
π Sgr	19 09 54.7	+3.56	-21 01 10	+6.0	-0.001	-3.54	-10.0	0.016	2.89
δ Dra	19 12 33.3	+0.00	+67 39 57	+6.3	1.649	9.26	25.0	0.028	3.07
κ Cyg	19 17 09.6	+1.39	+53 22 23	+6.7	0.659	12.48	-29.0	0.023	3.77
δ Aql	19 25 37.5	+3.02	+3 07 12	+7.4	1.715	8.22	-30.0	0.062	3.36
ι^2 Cyg	19 29 46.1	+1.51	+51 44 07	+7.8	0.219	12.98	-20.0	0.005	3.79
β^1 Cyg	19 30 49.4	+2.42	+27 57 54	+7.7	0.015	-0.17	-24.0	0.017	3.24
γ Aql	19 46 22.7	+2.85	+10 37 10	+9.0	0.119	-0.18	-2.0	0.016	2.72
δ Sge	19 47 30.0	+2.68	+18 32 26	+9.1	0.048	0.83	3.0	0.001	3.82
α Aql	19 50 54.3	+2.93	+8 52 30	+9.7	3.629	38.63	-26.3	0.198	0.77
η Aql	19 52 36.0	+3.05	+1 00 44	+9.4	0.072	-0.71	-15.0	0.010	3.90
β Aql	19 55 26.2	+2.95	+6 24 47	+9.2	0.324	-48.19	-39.8	0.070	3.71
η Cyg	19 56 24.0	+2.25	+35 05 25	+9.7	-0.257	-2.74	-27.0	0.015	3.89
γ Sge	19 58 52.1	+2.67	+19 29 57	+10.0	0.465	2.37	-33.0	0.011	3.47
ϑ Aql	20 11 26.0	+3.09	-0 48 50	+10.9	0.256	0.44	-27.0	0.012	3.23
31 Cyg	20 13 42.6	+1.89	+46 44 56	+11.0	0.043	0.26	-8.0	0.007	3.79
α^2 Cap	20 18 11.6	+3.32	-12 32 13	+11.4	0.436	0.38	0.0	0.033	3.56
β Cap	20 21 09.1	+3.37	-14 46 24	+11.6	0.291	0.16	-19.0	0.010	3.08
γ Cyg	20 22 19.1	+2.15	+40 15 53	+11.7	0.035	0.03	-8.0	0.003	2.20
α Del	20 39 45.3	+2.79	+15 55 15	+12.9	0.455	-0.23	-3.0	0.008	3.77
α Cyg	20 41 31.0	+2.05	+45 17 22	+13.0	0.027	0.23	-5.0	0.000	1.25
η Cep	20 45 20.4	+1.21	+61 50 55	+14.1	1.229	81.85	-87.3	0.071	3.43
ε Cyg	20 46 18.8	+2.43	+33 58 47	+13.6	2.861	32.79	-11.0	0.044	2.46
ε Aqr	20 47 48.7	+3.24	-9 29 11	+13.4	0.235	-3.43	-16.0	0.015	3.77
ν Cyg	20 57 16.0	+2.24	+41 10 37	+14.0	0.109	-1.56	-28.0	0.010	3.94
ξ Cyg	21 05 01.3	+2.19	+43 56 16	+14.5	0.078	0.11	-20.0	0.007	3.72
ζ Cyg	21 13 02.6	+2.56	+30 14 14	+14.9	0.005	-5.57	17.0	0.021	3.20
α Equ	21 15 56.9	+3.00	+5 15 30	+15.0	0.394	-8.76	-16.0	0.013	3.92
α Cep	21 18 38.3	+1.43	+62 35 46	+15.3	2.181	4.94	-10.0	0.063	2.44
ζ Cap	21 26 48.6	+3.42	-22 24 01	+15.8	0.007	2.33	3.0	0.000	3.74
β Cep	21 28 41.5	+0.75	+70 34 18	+15.8	0.207	0.70	-8.0	0.014	3.23
β Aqr	21 31 41.4	+3.15	-5 33 36	+16.0	0.141	-0.82	7.0	0.006	2.91
γ Cap	21 40 13.8	+3.32	-16 39 03	+16.4	1.322	-2.35	-31.0	0.025	3.68

csillag	RA h m s	ΔRA s/év	D ° ' "	ΔD "/év	μ_{RA} s	μ_D "	v_{rad} km/s	π "	m
ε Peg	21 44 18.5	+2.95	+9 53 11	+16.6	0.207	-0.06	5.0	0.006	2.39
δ Cap	21 47 10.7	+3.30	-16 06 57	+16.5	1.827	-29.66	-6.0	0.065	2.87
α Aqr	22 05 54.7	+3.08	-0 18 27	+17.6	0.131	-0.96	8.0	0.012	2.96
ι Peg	22 07 07.7	+2.80	+25 21 27	+17.7	2.200	2.46	-4.0	0.074	3.76
ϑ Peg	22 10 19.6	+3.03	+6 12 37	+17.8	1.852	2.71	-6.0	0.042	3.53
ζ Cep	22 10 56.5	+2.09	+58 12 49	+17.8	0.190	0.44	-18.0	0.019	3.35
γ Aqr	22 21 47.1	+3.10	-1 22 29	+18.2	0.877	0.70	-15.0	0.040	3.84
δ Cep	22 29 15.9	+2.24	+58 25 41	+18.5	0.191	0.14	-15.0	0.011	3.75
α Lac	22 31 23.7	+2.48	+50 17 44	+18.6	1.435	1.87	-4.0	0.036	3.77
ζ Peg	22 41 35.2	+2.99	+10 50 40	+18.9	0.546	-1.25	7.0	0.023	3.40
η Peg	22 43 07.2	+2.82	+30 14 04	+18.9	0.113	-2.54	4.0	0.017	2.94
λ Peg	22 46 39.1	+2.90	+23 34 44	+19.0	0.422	-0.99	-4.0	0.037	3.95
ι Cep	22 49 46.2	+2.15	+66 12 49	+19.0	-1.077	-12.50	-12.0	0.036	3.52
μ Peg	22 50 07.5	+2.90	+24 36 53	+19.1	1.076	-4.21	14.0	0.032	3.48
λ Aqr	22 52 44.7	+3.13	-7 33 59	+19.2	0.077	3.70	-9.0	0.012	3.74
δ Aqr	22 54 47.0	+3.18	-15 48 27	+19.2	-0.277	-2.54	18.0	0.039	3.27
α PsA	22 57 47.3	+3.30	-29 36 32	+19.1	2.551	-16.47	7.0	0.144	1.16
σ And	23 02 02.2	+2.77	+42 20 22	+19.4	0.204	-0.63	-14.0	0.015	3.62
β Peg	23 03 53.8	+2.92	+28 05 47	+19.6	1.431	13.74	9.0	0.015	2.42
α Peg	23 04 53.1	+2.99	+15 13 07	+19.4	0.436	-4.25	-4.0	0.030	2.49
88 Peg	23 09 34.8	+3.19	-21 09 32	+19.6	0.396	3.12	21.0	0.010	3.66
γ Psc	23 17 17.7	+3.11	+3 17 45	+19.7	5.090	1.70	-14.0	0.025	3.69
λ And	23 37 41.2	+2.95	+46 28 18	+19.5	1.567	-42.11	7.0	0.043	3.82
γ Cep	23 39 27.1	+2.51	+77 38 47	+20.1	-2.099	15.09	-42.0	0.064	3.21

Epocha: J2002.5 = 2002. július 2.625 = JD 245 2458.125



Az $R = 22^m 4$ fényességű, S/2000 S4 jelölésű Szaturnusz-hold felfedező felvételpárja, mely a 3.61 m-es CHFT-vel készült 2000. szeptember 23-án. A fél óra különbséggel felvett képek 8 perces expozícióval készültek (A Naprendszer újabb holdjai című táblázathoz és a Két tucat új hold című hírhez)

A Naprendszer újabb holdjai – A

Név	T nap	a km	a R_b	i °	e	P nap
Jupiter						
1975 J1	130.00	7 398 240	103.475	45.38	0.206	
1999 J1	r 735.89	23 498 800	328.664	143.49	0.206	
2000 J2	r 695.16	22 623 400	316.447	165.14	0.377	
2000 J3	r 605.9	19 925 000	278.703	149.91	0.269	
2000 J4	r 668.8	22 047 000	308.384	161.03	0.329	
2000 J5	r 614.45	20 836 600	291.145	147.31	0.165	
2000 J6	r 703.6	22 805 000	318.987	165.04	0.281	
2000 J7	r 624.3	21 058 000	294.550	146.31	0.144	
2000 J8	r 734.26	23 464 000	328.205	151.81	0.601	
2000 J9	r 682.59	22 349 900	312.621	164.21	0.184	
2000 J10	r 687.29	22 452 300	314.053	166.59	0.266	
2000 J11	289.7	12 623 000	176.565	28.55	0.215	
Szaturnusz						
2000 S1	r 1328.35	23 306 200	386.709	172.75	0.375	
2000 S2	684.86	14 985 300	248.644	45.86	0.462	
2000 S3	916.80	18 201 700	302.013	48.50	0.380	
2000 S4	899.91	17 977 500	298.293	34.90	0.613	
2000 S5	449.60	11 319 200	187.814	48.39	0.166	
2000 S6	452.00	11 359 400	188.481	49.18	0.359	
2000 S7	r 1061.2	20 066 000	332.946	174.92	0.558	
2000 S8	r 718.51	15 472 200	256.723	148.71	0.212	
2000 S9	r 932.80	18 412 900	305.517	169.80	0.212	
2000 S10	887.21	17 807 900	295.478	34.47	0.609	
2000 S11	791.01	16 496 200	273.714	37.40	0.452	
2000 S12	r 992.16	19 186 000	318.345	174.65	0.145	
Uránusz						
Caliban	579.21	7 167 050	280.401	139.69	0.081	
Sycorax	1288.10	12 210 920	477.736	152.64	0.512	
Prospero	1997.55	16 359 700	640.050	146.32	0.324	
Setebos	2193.77	17 414 400	681.314	146.34	0.562	
Stephano	676.74	7 950 500	311.053	141.53	0.145	

A táblázat a 2001-es kötetben megjelent *A Naprendszer holdjai* című táblázat kiegészítése. Az új felfedezések mellett tartalmazza öt korábban felfedezett Uránusz-hold adatainak pontosítását is. (*A Két tucát új hold* című hírhez.)

Jelölések:

T = a keringési idő – az r jelölés retrográd keringést jelent,

a = a pálya fél nagytengelye kilométerben és a bolygó egyenlítői sugarának (R_b) egy-
ségében,

i = a pályahajlás az ekliptikához viszonyítva,

A Naprendszer újabb holdjai – B

Név	méret km	$\mathcal{M}/\mathcal{M}_{\text{bolygó}}$	albedó	E	m
Jupiter					
1975 J1	8	—	0.05:	40'8	21 p
1999 J1	9	—	0.04:	156'	20.7V
2000 J2	5	—	0.04:	172'	21.8R
2000 J3	5	—	0.04:	139'	21.8R
2000 J4	3	—	0.04:	162'	22.8R
2000 J5	4	—	0.04:	134'	22.2R
2000 J6	4	—	0.04:	161'	22.5R
2000 J7	7	—	0.04:	132'	21.2R
2000 J8	6	—	0.04:	207'	21.7R
2000 J9	5	—	0.04:	146'	21.9R
2000 J10	4	—	0.04:	157'	22.5R
2000 J11	4	—	0.04:	83'9	22.4R
Szaturnusz					
2000 S1	16	—	0.06:	86'3	21.7R
2000 S2	19	—	0.06:	59'0	21.3R
2000 S3	32	—	0.06:	67'7	20.1R
2000 S4	13	—	0.06:	78'1	22.1R
2000 S5	14	—	0.06:	35'6	22.0R
2000 S6	10	—	0.06:	41'6	22.6R
2000 S7	6	—	0.06:	84'2	23.9R
2000 S8	7	—	0.06:	50'5	23.6R
2000 S9	6	—	0.06:	60'1	23.8R
2000 S10	9	—	0.06:	77'2	23.0R
2000 S11	19	—	0.06:	64'5	21.3R
2000 S12	6	—	0.06:	59'2	23.9R
Uránusz					
Caliban	98	—	0.07:	9'7	22.3V
Sycorax	190	—	0.07:	23'2	21.0V
Prospero	30	—	0.07:	27'2	23.2R
Setebos	30	—	0.07:	34'2	23.3R
Stephano	20	—	0.07:	11'4	24.1R

e = a pálya excentricitása,

P = a tengelyforgási idő — a K kötött keringést jelez,

a méretadatok az észlelt fényességből és a becsült albedóból számolt értékek,

$\mathcal{M}/\mathcal{M}_{\text{bolygó}}$ = a hold és a bolygó tömegaránya,

E = a hold lehetséges legnagyobb szögtávolsága a bolygó középpontjától egy átlagos oppozíció idején,

m = az átlagos fényesség.

A Naprendszer újabb holdjai – C

Név	felfedezés időpontja	felfedező
Jupiter		
1975 J1	1975.09.30.	C. Kowal
1999 J1	1999.10.30.	J. Scotti, T. Spahr
2000 J2	2000.11.23.	S. Sheppard, D. Jewitt, Y. Fernandez, G. Magnier
2000 J3	2000.11.23.	S. Sheppard, D. Jewitt, Y. Fernandez, G. Magnier
2000 J4	2000.11.23.	S. Sheppard, D. Jewitt, Y. Fernandez, G. Magnier
2000 J5	2000.11.23.	S. Sheppard, D. Jewitt, Y. Fernandez, G. Magnier
2000 J6	2000.11.23.	S. Sheppard, D. Jewitt, Y. Fernandez, G. Magnier
2000 J7	2000.11.23.	S. Sheppard, D. Jewitt, Y. Fernandez, G. Magnier
2000 J8	2000.11.25.	S. Sheppard, D. Jewitt, Y. Fernandez, G. Magnier
2000 J9	2000.11.25.	S. Sheppard, D. Jewitt, Y. Fernandez, G. Magnier
2000 J10	2000.11.26.	S. Sheppard, D. Jewitt, Y. Fernandez, G. Magnier
2000 J11	2000.12.05.	S. Sheppard, D. Jewitt, Y. Fernandez, G. Magnier
Szaturnusz		
2000 S1	2000.08.07.	B. Gladman, J.-M. Petit
2000 S2	2000.08.07.	B. Gladman, J.-M. Petit
2000 S3	2000.09.23.	B. Gladman, J. Kavelaars
2000 S4	2000.09.23.	B. Gladman, J. Kavelaars
2000 S5	2000.08.07.	B. Gladman, J.-M. Petit
2000 S6	2000.09.23.	B. Gladman, J. Kavelaars
2000 S7	2000.09.23.	B. Gladman, J. Kavelaars
2000 S8	2000.09.23.	B. Gladman, J. Kavelaars
2000 S9	2000.09.23.	B. Gladman, J. Kavelaars
2000 S10	2000.09.23.	B. Gladman, J. Kavelaars
2000 S11	2000.11.09.	M. Holman
2000 S12	2000.09.23.	B. Gladman, J. Kavelaars
Uránusz		
Caliban	1997.09.06.	B. Gladman, P. Nicholson, J. Bruns, J. Kavelaars
Sycorax	1997.09.06.	B. Gladman, P. Nicholson, J. Bruns, J. Kavelaars
Prospero	1999.07.18.	M. Holman, J. Kavelaars, B. Gladman, J.-M. Petit, H. Scholl
Setebos	1999.07.18.	J. Kavelaars, B. Gladman, M. Holman, J.-M. Petit, H. Scholl
Stephano	1999.07.18.	B. Gladman, M. Holman, J. Kavelaars, J.-M. Petit, H. Scholl

Fekete lyukak galaxismagokban

galaxis	típus	M_{dudor}	$\mathcal{M}$	$\mathcal{M}_{\text{min}}$	$\mathcal{M}_{\text{max}}$	r	R
			$10^6 \mathcal{M}_{\odot}$			Mpc	"
NGC 4945	Scd	-15.14	1.4	0.9	2.1	3.7	—
Tejútrendszer	Sbc	-17.65	2.6	2.4	2.8	—	51.40
NGC 7457	S0	-17.69	3.6	2.5	4.5	13.2	0.05
NGC 221 (M32)	E2	-15.83	3.9	3.1	4.7	0.8	0.76
NGC 2778	E2	-18.59	13	5	29	22.9	0.02
NGC 4742	E4	-18.94	14	9	18	15.5	0.10
NGC 3384	S0	-18.99	14	10	19	11.6	0.05
NGC 1068 (M77)	Sb	-18.82	17	10	30	15.0	0.04
NGC 821	E4	-20.41	39	24	56	24.1	0.03
NGC 4258	Sbc	-17.19	40	39	41	7.2	0.36
NGC 2787	SB0	-17.28	41	36	45	7.5	0.14
NGC 1023	S0	-18.40	44	38	50	11.4	0.08
NGC 224 (M31) ¹	Sb	-19.00	45	20	85	0.8	2.06
NGC 4564	E3	-18.92	57	40	70	15.0	0.13
NGC 3031 (M81)	Sb	-18.16	68	55	75	3.9	0.76
NGC 4459	SA0	-19.15	70	57	83	16.1	0.14
NGC 4473	E5	-19.89	80	40	180	15.7	0.13
NGC 4596	SB0	-19.48	80	50	120	16.8	0.22
NGC 3379	E1	-19.94	100	50	160	10.6	0.20
NGC 3377	E5	-19.05	110	60	250	11.2	0.42
NGC 3608	E2	-19.86	110	80	250	23.0	0.13
NGC 4697	E4	-20.24	170	140	190	11.7	0.41
NGC 4291	E2	-19.63	190	80	320	26.2	0.11
IC 1459	E3	-21.39	200	120	570	29.2	0.06
NGC 3245	S0	-19.65	210	160	260	20.9	0.21
NGC 5128	S0	-20.80	240	70	600	4.2	2.26
NGC 5845	E	-18.72	290	20	460	25.9	0.18
NGC 4342	S0	-17.04	300	200	470	15.3	0.34
NGC 7052	E4	-21.31	330	200	560	58.7	0.07
NGC 4374	E1	-21.36	430	260	750	18.4	0.24
NGC 4486B	E1	-16.77	500	20	990	16.1	0.81
NGC 4261	E2	-21.09	520	410	620	31.6	0.15
NGC 6251	E2	-21.81	600	200	800	106.0	0.06
NGC 4594 (M104) ²	Sa	-21.35	1000	300	2000	9.8	1.58
NGC 3115	S0	-20.21	1000	400	2000	9.7	1.73
NGC 4649	E1	-21.30	2000	1000	2500	16.8	0.75
NGC 4486 (M87)	E0	-21.53	3000	2000	4000	16.1	1.18

1 Androméda-köd, 2 Sombrero-galaxis

A táblázatban a 2001 márciusáig felfedezett objektumokat tartalmazza.

M_{dudor} = a központi dudor abszolút fényessége, $\mathcal{M}$ = a magban lévő fekete lyuk tömege, $\mathcal{M}_{\text{min}}$ és $\mathcal{M}_{\text{max}}$ = a mérési pontatlanságból származó minimális és maximális érték millió napötömegben, r = a galaxis távolsága millió pc-ben, R = a fekete lyuk által közvetlenül befolyásolt központi rész sugara ívmásodpercben.

Röntgen- és gammacsillagászati műszerek – A

űrtávcső	teljes név	intézmény, ország	időszak
Uhuru	Small Astronomical Satellite 1	NASA	1971 – 1973
Copernicus	Orbiting Astronomical Observatory (OAO–3)	NASA, Nagy-Britannia	1972 – 1980
Einstein	High Energy Astrophysical Observatory (HEAO–2)	NASA	1978 – 1981
EXOSAT		ESA	1983 – 1986
ROSAT	Roentgen Satellite	Németország, NASA, Nagy-Britannia	1990 – 1999
Ulysses		ESA, NASA	1990 –
Compton	Compton Gamma Ray Observatory (CGRO)	NASA	1991 – 2000
Yohkoh		Japán, USA, Nagy-Britannia	1991 –
ASCA	Advanced Satellite for Cosmology and Astrophysics	Japán, NASA	1993 – 2001
SOHO	Solar and Heliospheric Observatory	NASA, ESA	1995 –
RXTE	Rossi X-ray Timing Explorer	NASA	1996 –

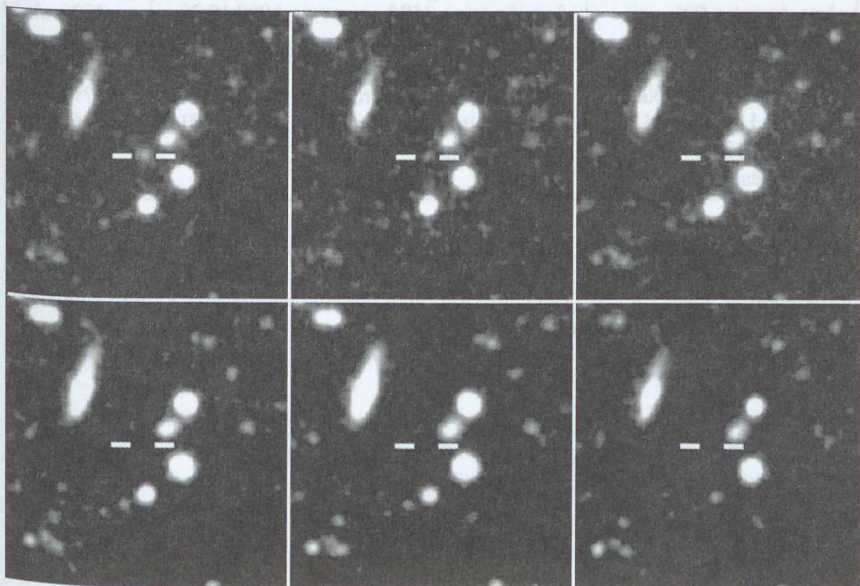
Röntgen- és gammacsillagászati műszerek – B

űrtávcső	észlelési tartomány	detektorok, mérések
Uhuru	2–20 keV, 0.63–0.063 nm	2 db proporcionális számláló
Copernicus	0.5–10 keV	4 db összekapcsolt röntgendetektor, 3 db Wolter-féle teleszkóp, proporcionális számlálók
Einstein	0.2–4.5 keV	Képalkotás, spektrométer, proporcionális számlálók
EXOSAT	0.04–2,0 keV	Képalkotás, spektrométer, proporcionális számlálók
ROSAT	~ 1 keV	Képalkotás, proporcionális számlálók
Ulysses	5–150 keV	2 db CsI szcintillátor, 2 db szilícium érzékelő, napkutató, gammakitörések
Compton	30 keV–30 GeV	Képalkotás, spektrométer, BATSE, OSSE, COMPTEL, EGRET
Yohkoh	széles sávú röntgen és gamma	BCS: Bragg-kristály spektrométer, HXT: kemény röntgen, SXT: lágy röntgen, WBS: széles sávú röntgen és gamma, napkutató
ASCA	1–10 keV, széles sávú röntgen	Képalkotás, spektrométer (kombinált)
SOHO	EUV, röntgen	12 db műszer, koronográf spektrométer, részecskedetektor, EUV kamera, Doppler-leképező
RXTE	2–250 keV	Proporcionális számláló mátrix, nagy időfelbontás, teljes égbolt figyelés

űrtávcső	teljes név	intézmény, ország	időszak
BeppoSAX		Olaszország, Hollandia	1996 –
Chandra	Advanced X-Ray Astrophysics Facility (AXAF)	NASA	1999 –
Newton	X-ray Multi-Mirror Mission (XMM)	ESA, Nagy-Britannia	1999 –
HETE – 2	High-Energy Transient Explorer 2	NASA	2000 –
HESSI	High Energy Solar Spectroscopic Imager	NASA	2001 –

Égboltrészlet hat színképsávban a Sloan Digitális Égboltfelmérés egy felvételén (szemközti oldal). Az Univerzum digitális térképe című hírhez és a CCD-kamerák a csillagászatban című cikkhez

űrtávcső	észlelési tartomány	detektorok, mérések
BeppoSAX	0.1 – 300 keV	Képkalkotás, spektroszkóp, proporcionális számlálók
Chandra	0.1 – 10 keV	HRC: nagyfelbontású képkalkotás, ACIS: CCD képkalkotó spektrométer, HETGS, LETGS: nagy- és kisenergiájú transzmissziós rácsos röntgenspektrométer
Newton	széles sávú	RGS: reflexiós rácsos spektrográf, EPIC: képkalkotó kamera, OM: optikai, UV, IR monitor
HETE-2	0.5 – 400 keV	FREGATE: nagy látómezejű gammaspektrométer, WXM: nagy látómezejű, közepes energiájú röntgenkamera, SXC: nagy látómezejű lágy-röntgen kamera
HESSI	3 keV – 20 MeV	képkalkotó kamera, gammaspektrométer, napkutató



Marsról származó meteoritok

elnevezés	a megtalálás helye és ideje	$\mathfrak{M}$ g	t
Chassigny	Chassigny, Franciaország	1815.10.03.	4000 ch
Shergotty	Shergotty, India	1865.08.25.	5000 sh
Nakhla	Nakhla, Egyiptom	1911.06.28.	10000 na
Lafayette	Lafayette, USA	1931.	800 na
Governador Valadares	Governador Valadares, Brazília	1958.	158 na
Zagami	Zagami, Nigéria	1962.10.03.	18000 sh
ALHA 77005	Allan-hegység, Antarktisz	1977.12.29.	482 sh
Yamato 793605	Yamato-hegység, Antarktisz	1979.	16 sh
EETA 79001	Elephant-moréna, Antarktisz	1980.01.13.	7900 sh
ALH 84001	Allan-hegység, Antarktisz	1984.12.27.	1940
LEW 88516	Lewis-szikla, Antarktisz	1988.12.22.	13 sh
QUE 94201	Queen Alexandra-hegység, Antarktisz	1994.12.16.	12 sh
Dar al Gani 476	Szahara, Líbia	1998.05.01.	2015 sh
Dar al Gani 489	Szahara, Líbia	1997.	2146
Dar al Gani 735	Szahara, Líbia	1996–97.	588
Dar al Gani 670	Szahara, Líbia	1998–99.	1619
Dar al Gani 876	Szahara, Líbia	1998.05.07.	6
Los Angeles 001	Los Angeles, USA	1999.10.30.	453 sh
Los Angeles 002	Los Angeles, USA	1999.10.30.	245
Sayh al Uhaymir 005	Sayh al Uhaymir, Omán	1999.11.26.	1344 sh
Sayh al Uhaymir 008	Sayh al Uhaymir, Omán	1999.11.26.	8579
Sayh al Uhaymir 051	Sayh al Uhaymir, Omán	2000.08.01.	436
Dhofar 019	Dhofar, Omán	2000.01.24.	1056 sh
Northwest Africa 480	Algéria?	2000.11.	28 sh

A táblázat a 2000 végéig talált, Marsról származó meteoritok adatait tartalmazza. (Az *Életnyomok marsi meteoritokban?* című hírhez.) A meteorit tömegét ($\mathfrak{M}$) grammban adtuk meg; az egyes típusok (t) az elsőként talált példány lelőhelyéről kapták a nevüket: ch = chassignit, na = nakhlit, sh = shergottit.

A csillagászat legújabb eredményei

Honnan származik a földi óceánok vize?

A Föld a Naphoz túl közel állt össze, keletkezési környezete számottevő mennyiségű vizet nem tartalmazhatott, ezért az óceánok víztömegének valamikor később, más módon kellett a Földre jutnia. Korábban lehetségesnek tartották azt az elképzelést, hogy ezt a vizet a Földbe csapódó üstökösök hozták. Ennek azonban ellentmond az a megfigyelési tény, hogy az üstökösökben a deutérium/közönséges hidrogén arány kétszerese a földi óceánokban mért értéknek.

A. MORBIDELLI és csoportja a nizzai obszervatóriumban a Naprendszer keletkezésére vonatkozó számításai közben arra a következtetésre jutott, hogy inkább kisbolygók hozhatták a vizet a Földre. A bolygók kialakulása közben a Jupiter egyre nagyobbra nőtt, és gravitációs zavaró hatására a környezetében minden kisebb test pályája megváltozott. Így az óriásbolygó az összetömörülésből kimaradt testek 99%-át néhány tízmillió év alatt eltüntette pályája közeléből. Többségüket kiparittyázta a Naprendszer külső részére, de sokat befelé is lökött. A belsőbb pályára kerülők egy része valamelyik bolygóval — például a Földdel — ütközve a benne lévő mintegy 10%-nyi vizet is az eltalált bolygóra juttatta. Természetesen a vízszállításból az üstökösöket sem zárják ki, de rámutatnak, hogy a víz nagy része a kisbolygóktól származhat.

Illés Erzsébet

Sky and Telescope, 2001. február;

Meteoritics and Planetary Science 2000. november.

A napneutrínó-probléma megoldása

2001. június 18-i sajtóközleményében szenzációs bejelentést tett a *Sudbury Neutrínó Obszervatórium* (SNO): a detektor működésének első két évében gyűjtött adatok gondos kiértékelése nyomán bebizonyosodott, hogy a Napból eredő neutrínók vártnál kisebb száma nem a napmodell hiányosságainak

következménye. A neutrínóhiányt az magyarázza, hogy a neutrínók egy része útközben más, nehezebben észlelhető neutrínófajtákká alakul át. Más szóval a három évtizedes napneutrínó-probléma¹ megoldása nem asztrofizikai, hanem részecskefizikai természetű.

A kanadai Ontario államban, kétezer méterrel a föld alatt, egy bányában 1999 májusa óta működő SNO a világ első olyan neutrínódetektora, amely lehetőséget ad a neutrínók különböző fajtáitól eredő jelek (statisztikai) elkülönítésére. Az SNO a Japánban már régóta működő *Kamiokande*, illetve *Szuper-Kamiokande* detektorokhoz hasonlóan Cserenkov-detektor². Ennek megfelelően küszöbenergiája magas, csupán a 6.75 MeV feletti energiájú neutrínókat érzékeli. Ezek a neutrínók túlnyomórészt a Nap magjában zajló hidrogénfúzió egy meghatározott mellékágában, a ^8B atommag bomlásakor keletkeznek, ezért ezeket „bőr-neutrínóknak” is mondják. Ebben a reakcióban csak a legszokványosabb *elektron-neutrínó* jön létre; régóta gyanítják azonban, hogy ezek egy része útközben átalakulhat (ahogy mondani szokás: átoszcillálhat) *müon*-, ill. *tau-neutrínó*vá.

A Cserenkov-sugárzás legegyszerűbben úgy jöhet létre, ha egy nagyenergiájú neutrínó egy elektront „jól meglök”: ez a *rugalmas szórás* (elastic scattering, ES). Erre minden fajta neutrínó képes, ezért az ilyen folyamatok detektálásával mindhárom neutrínótípus mérhető, csak nem azonos hatásfokkal: az ilyen elven működő detektor az elektron-neutrínókra hatszor érzékenyebb, mint a többire. Ezért a japán detektor mérési eredményeit, melyek szerint a mért fluxus kb. fele a vártnak, nem lehetett egyértelműen értelmezni: az a lehetőség, hogy kizárólag elektron-neutrínókat látunk a vártnál kisebb fluxussal, éppúgy fennállhat, mint az, hogy a neutrínók kétharmada más típusokká oszcillál át, de ezeknek csak kis hányadát észleljük az egyharmadnyi elektron-neutrínó mellett. Szükség volt tehát egy független mérésre, amely ugyanakkor megmondja külön az elektron-neutrínók fluxusát is. A radiokémiai detektorok (*Homestake*, *Gallex*, *SAGE*) ugyan csak az elektron-neutrínókra érzékenyek, küszöbenergiájuk azonban sokkalta alacsonyabb, így az általuk mért fluxusban a bőr-neutrínók mellett más folyamatokból származó neutrínók vannak többségben, ezért ezek a mérések nem voltak alkalmasak a kérdés eldöntésére.

Az SNO újdonsága az, hogy a japán detektorral ellentétben közönséges víz helyett nehézvizet tartalmaz. A nehézvízben pedig az elektronok a rugalmas szóródás mellett más folyamatok révén is kölcsönhatnak az anyaggal. A *töltött áram* (charged current, CC) típusú kölcsönhatás szintén Cserenkov-sugárzó

1. *Csillagászati évkönyv* 1993, 117. o.

2. A nagy energiájú neutrínók a detektoranyaggal való kölcsönhatásuk során igen gyorsan mozgó elektronokat indítanak el. Ezek az elektronok gyorsabban haladnak, mint a közegbeli fénysebesség, ezért Cserenkov-sugárzást keltenek, amit fotoelektron-sokszorozókkal lehet észlelni.

elektronokat eredményez: ${}^2\text{D} + \nu_e \rightarrow {}^1\text{H} + {}^1\text{H} + e^-$. Ez a folyamat tehát alkalmas arra, hogy az elektron-neutrínók fluxusát külön, az egyéb típusoktól elválasztva is megmérjük. (Persze az egyik fényfelvillanás olyan, mint a másik, de az irány- és energiaeloszlás alapján a CC-, illetve ES-folyamatokból eredő elektronok statisztikailag megkülönböztethetők.) A kétféle mérési eredmény összevetésével pedig az említett kétértelműség feloldható. (Egy harmadik folyamat, a *semleges áramok* majd csak a detektor közeljövőbeni kibővítése után tesznek szert nagyobb jelentőségre.)

E mérések alapján az SNO (CC-folyamatban) mért elektronneutrínó-fluxusa ($10^6/\text{cm}^2\text{s}$ egységben) 1.75 ± 0.1 -nek adódott, szemben a standard napmodell 5.05-os jóslatával. Hogy a különbség neutrínóoszillációval magyarázható, azt az bizonyítja, hogy a részben a μ - és τ -neutrínókra is érzékeny ES-folyamatból csak elektron-neutrínókat feltételezve kapott fluxus nagyobb ennél: értéke 2.39 ± 0.4 az SNO, 2.32 ± 0.05 a Szuper-Kamiokande adatai szerint.

Az eredmény szenzációs, de nem nevezhető váratlannak, hiszen a kutatók többsége számos megfontolás alapján már évek óta valószínűtlennek tartotta a napneutrínó-probléma asztrofizikai magyarázatát³. Sőt 1998-ban a Szuper-Kamiokande adatai alapján már kimutatták, hogy a kozmikus sugárzás földi légkörrel való kölcsönhatásából eredő μ -neutrínók egy része τ -neutrínókká oszcillál. Ezen eredmények és az új SNO adatok alapján a három neutrínó együttes tömegére a $0.05 \text{ eV} < m < 8.4 \text{ eV}$ korlátok adódnak. Ennek fontos kozmológiai vonatkozásai is vannak: a neutrínók járuléka az Univerzum teljes anyagsűrűségéhez⁴ eszerint (a kritikus sűrűségben mint egységben kifejezve) $0.001 < \Omega_\nu < 0.18$.

Petrovay Kristóf

www.sno.phy.queensu.ca/sno/first_results/.

A szoláris tachoklína vastagsága

Már több mint egy évtizede tudjuk, hogy a Nap felszínén tapasztalt differenciális rotáció nagyjából a felszín alatti, 200 000 km vastag konvektív zóna egészét jellemzi, míg az ez alatti sugárzási zóna merev (a szélességtől függetlenül) forgást végez. A két tartomány közötti átmeneti réteget *tachoklínának* nevezzük. (A szót a görög tachosz = sebesség és klínó = hajlik szavakból képezték, tehát jelentése „sebességelhajlási [réteg]”). A tachoklína a Nap kulcsfontosságú rétege, amely feltehetőleg fontos szerepet tölt be a naptevékenység-

3. Csillagászati Évkönyv 1996, 125. o.

4. Lásd a *Napjaink kozmológiája* című cikket ebben a kötetben.

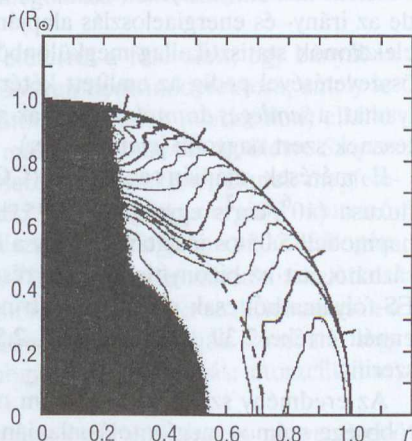
get létrehozó dinamómechanizmusban. A réteg azonban annyira vékony, hogy sokáig csak felső korlátokat lehetett adni a vastagságára.

Most a helioszeizmológiai mérések alapján végre sikerült pontosabban meghatározni a tachoklína vastagságát. Több kutatócsoport elemezte a *GONG* projekt adatsorát, és azt az eredményt kapta, hogy a tachoklína teljes vastagsága — amelyen belül a differenciális rotáció századrésze csökken — az egyenlítő alatt a Nap sugarának $4.0 \pm 1.5\%$ -a. A zóna középvonala a Nap sugarának 68.96 ± 0.23 százalékánál helyezkedik el. Ezt összevetve az adiabatikus rétegződésű konvektív zóna aljának sugarával, amit szintén a helioszeizmológiai adatokból ismerünk ($71.336 \pm 0.002\%$), megállapítható, hogy a tachoklína gyakorlatilag teljes terjedelmében a konvektív zóna alatt helyezkedik el, de azzal közvetlenül határos.

Ugyanakkor 60° -os naprajzi szélességnél a tachoklína vastagsága $5.0 \pm 0.5\%$ -nak, sugara $70.97 \pm 0.27\%$ -nak adódott, vagyis a tachoklína alakja enyhén, de azért jól kimutathatóan elnyúlt a Nap forgástengelye mentén. Ennek következtében a magasabb szélességeken a tachoklína közelebb van a felszínhez, és egy része feltehetőleg benyúlik az adiabatikusan rétegzett konvektív zónába is. Az adatok egyben arra utalnak, hogy magasabb szélességeken a tachoklína valamivel vastagabb is, de, mint a megadott hibahatárokból látható, ez az eredmény egyelőre kevésbé tekinthető biztosnak.

Petrovay Kristóf

Helio- and Asteroseismology at the Dawn of the Millennium,
2001. ESA—SP464

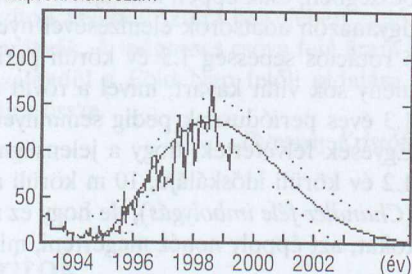


1.1. ábra. A forgási sebesség helioszeizmológiai mérésekből meghatározott kontúrvonalai a Nap egy meridionális keresztmetszetében (SCHOU és munkatársai nyomán). A koordináták $R_\odot$ egységekben értendők. A szaggatott vonal a konvektív zóna alját jelöli. Jól látható, hogy az alatta fekvő vékony rétegben (tachoklína) a differenciális rotáció eltűnik. (A sötét területekre vonatkozó adatok nem megbízhatók)

A naptevékenység 2000-ben

A napfolt-relatívszám alakulásából egyértelműen arra lehet következtetni, hogy a 23. napciklus 2000 nyarán érte el maximumát. Ezzel egybevág az a tény, hogy 2001 februárjában már bekövetkezett a Nap sarki mágneses terének pólusváltása, ami rendszerint röviddel a maximum után zajlik le. 2001 tavaszán ugyanakkor még mindig igen intenzív naptevékenység mutatkozott, sőt a *NOAO 9415*-ös aktív vidék e napciklus eddigi legnagyobb napkitöréseit produkálta. Az egyikükhöz kapcsolódó koronakitörés a Földet is eltalálta, erős (G4-es) mágneses vihart és látványos sarkifény-jelenséget okozva. Áprilisban volt látható a ciklus eddigi legnagyobb foltcsoportja is.

napfoltrelatívszám



1.2. ábra. A napfolt-relatívszám alakulása a jelen napciklusban

Petrovay Kristóf

www.spaceweather.com/

A Nap forgási sebességének ingadozásai

1980-ban fedezte fel HOWARD és LABONTE, hogy a Nap fotoszférájában a differenciális rotáció mértéke periodikusan ingadozik: a napciklus során a helyi átlagnál gyorsabban, illetve lassabban forgó szélességi övek vándorolnak lassan, egymást követve az egyenlítő felé. A legtöbb napfoltcsoportot produkáló aktív szélességek a gyors és lassú rotációs zónák határán találhatók.

Ezeket a *torziós rezgéseket* újabban helioszeizmológiai módszerekkel is sikerült kimutatni, sőt ezek a módszerek lehetővé tették a rezgések vizsgálatát a Nap felszíne alatt és magasabb naprajzi szélességeken is. Kiderült, hogy a torziós rezgések — a korábbi vélekedéssel ellentétben — csak mérsékelt naprajzi szélességeken vándorolnak az egyenlítő felé, magasabb szélességeken ezek az övek a pólusok felé húzódnak. Ebben egyébként viselkedésük megegyezik a naptevékenységi indikátorok (fáklyák, protuberanciák) viselkedésével (bár úgy tűnik, hogy a „víválasztó” a torziós oszcillációk esetében kissé magasabb, 60° körüli szélességeknél van). A jelenlegi adatok arra utalnak, hogy a torziós rezgés aránylag sekély, a felszín közelére korlátozódó je-

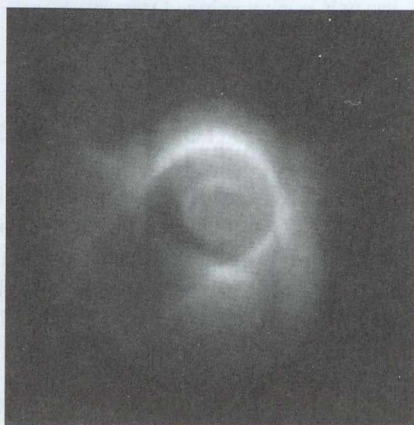
lenség, amely 50 000 km-nél mélyebb rétegekben eltűnik. Ez ellentétben áll az eredetükre vonatkozó néhány korábbi elmélettel. Ugyanakkor úgy tűnik, hogy a Nap mélyebb rétegeiben is tapasztalható ingadozások a rotációs sebességben, csak éppen másfajta. Több független kutatócsoport (igaz, jobbára ugyanazon adatsorok elemzésével nyert) eredményei szerint a tachoklínában a rotációs sebesség 1.3 év körüli periódussal ingadozik. Ez a váratlan eredmény sok vitát kavart, mivel a rövid adatsor miatt megbízhatósága kétes, az 1.3 éves periódusnak pedig semmilyen nyilvánvaló fizikai magyarázata nincs. Egyesek felvetették, hogy a jelenségnek köze lehet a Föld pólusainak 1.1–1.2 év körüli időskálájú, 10 m körüli amplitúdójú szabálytalan ingadozásához (*Chandler-féle imbolygás*), de hogy ez mi módon befolyásolhatta a mérési adatokat, azt éppoly nehéz megérteni, mint a jelenség szoláris eredetét.

Petrovay Kristóf

Helio- and Asteroseismology at the Dawn of the Millennium,
2001. ESA—SP464

Az IMAGE űrszonda és a Föld plazmafarka

2000. március 25-én a Föld sarkvidékei fölött áthaladó pályára állították a NASA *IMAGE* (*Imager for Magnetopause-to-Aurora Global Exploration*) műholdját. Az űreszköz feladata bolygónk kozmikus környezetének — elsősorban a magnetoszférának — minden eddiginél globálisabb tanulmányozása. Míg az eddigi magnetoszféra-kutató szondák csupán közvetlen környezetük állapotát érzékelték, addig az IMAGE-et olyan képalkotó berendezésekkel látták el, melyekkel az egész magnetoszférát „belátja”, így környezetünk állapotáról globális képet adhat. Ezek a műszerek különféle energiájú semleges atomokból álló részecskesugárzások és az elektromágneses szinkép ultraibolya, extrém ultraibolya, valamint rádiótartományába eső sugárzások alapján alkotnak képeket. A műhold poláris pályája a sarki fény tanulmányozása szempontjából is előnyös.



1.3. ábra. A Föld plazmafarka az IMAGE műhold távoli ultraibolya tartományban készült felvételén balra fent látható

A kétévesre tervezett misszió első évének talán legérdekesebb eredménye, hogy sikerült kimutatni a magnetoszférát kitöltő plazma Nap felé mutató „farokát”. E farok létét már évtizedekkel ezelőtt megjósolták elméleti alapon, megfigyelésekkel kimutatni azonban most sikerült először. A farok létrejöttét a napszél nyomása által csepp alakúvá torzított magnetoszféra belsejében zajló áramlások dinamikai tulajdonságai magyarázzák. A mágneses csóva felé áramló plazma ott összetorlódik, ezáltal visszalendül a Föld Nap felőli oldalára, ahol egy másodlagos farokban torlódik újra össze.

Petrovay Kristóf

image.gsfc.nasa.gov/

Meteoritok

A közelmúltban további, Marsról származó meteoritokat azonosítottak, ezzel az összes marsi meteorit-minták száma 24-re nőtt⁵.

A híres *ALH 84001* marsi meteorit mágneses tulajdonságait vizsgálva megállapították, hogy 40°C hőmérséklet fölé melegítve mágnesezettsége hirtelen lecsökkent. Ez azt bizonyítja, hogy a meteorit belseje a Mars felszínétől az Antarktiszig repülve sehol sem melegedett fel 40°C fölé. Egy ilyen meteoriton tehát akár élet is átkerülhetett a Marsról a Földre.

Új meteoritot azonosítottak a Holdról is *Dhofar 081* néven. A 174 grammos, barnásszürke követ 1999 novemberében találták, és ezzel 17-re nőtt a Holdról származó, ismert meteoritok száma.

Meteorit hullott 2000. január 18-án a kanadai Tagish Lake nevű befagyott tóba. A bolidát többen látták, de csak 7-8 nap múlva találtak rá a becsapódás helyére. Mintegy 500 darabot gyűjtöttek be, s a tó jegébe befagyott darabokat azóta is mélyhűtve tárolják. A meteoritdarabokról kiderült, hogy olyan CI típusú testnek a törmelékei, amely valószínűleg a Naprendszer keletkezésének nagyon korai korszakából való, mert az eddig talált ilyen típusú meteoritok közül ez a leggazdagabb illó anyagokban. Még a Föld keletkezése előtti időből való preszoláris szemcsék is vannak benne. A CI típusú meteoritok nagyon ritkák. Az elmúlt 200 évben megtalált meteoritoknak csak öt ezreléke CI típusú.

Illés Erzsébet

Science, 2000. október;

Sky and Telescope, 2000. szeptember, december;

www.jpl.nasa.gov/snc .

5. Lásd az *Életnyomok marsi meteoritokban* című hírt, valamint a *Marsról származó meteoritok* című táblázatot a táblázatos rész végén.

Életnyomok marsi meteoritokban?

Immár több mint öt éve annak, hogy a NASA szenzációs bejelentést tett: az Antarktiszon talált *ALH 84001* meteoritban, amely a Marsról származik, egykori élet jelenlétére utaló nyomokat fedeztek fel. A meteorit kora 4.5 milliárd év. A Mars felszínéről mintegy 16 millió évvel ezelőtt, egy nagy test becsapódásának hatására repülhetett ki a világűrbe, majd hosszas bolyongás után, 13 000 évvel ezelőtt esett le az Antarktiszra, ahol 1984-ben találták meg.

D. MCKAY és munkatársai az alábbi bizonyítékokat tartották az élet egykori marsi jelenléte szempontjából különösen fontosnak.

1. *karbonát gömböcskék* (globulák) kimutatása, amelyek a Földön többnyire biológiai aktivitásból erednek;
2. *magnetitszemcsék* és
3. *PAH-molekulák* (széngyűrűkből álló, szerves molekulák) együttes jelenléte a meteoritban;
4. *parányi, hurka alakú, tagolt alakzatok* léte, amelyek mikroszkopikus képe megkövesedett földi baktériumokéhoz hasonlít.

A NASA kutatói azt hangsúlyozták, hogy noha külön-külön mind a négy jelenség magyarázható biológiai aktivitás nélkül is, de együttes megjelenésük a meteoritban — amely abból az ősi korból származik, amikor még fennálltak a Marson az élet lehetőségei — mindenképpen figyelemre méltó.

Az elmúlt öt évben élénk szakmai vita folyt a marsi meteoritban talált ásványtani jelenségek igazi természetéről és eredetéről. Annyi kétségtávolú bizonyosodott, hogy a biológiai aktivitás termékeinek egyértelmű azonosítása megoldatlan szakmai kérdés. Ugyanakkor a gyanús meteoritok listája kibővült, mert két másik marsi meteorit, az *ALH 84001*-nél sokkal fiatalabb *Nakhla* és *Shergotty* vizsgálata során is élet lehetséges nyomaira bukkantak.

A 100–300 μm méretű karbonát globulákkal kapcsolatban az a döntő kérdés, hogy milyen hőmérsékleten keletkeztek. Az egyik vélemény szerint viszonylag alacsony hőmérsékleten a sóban gazdag tengervíz a Marson beszivárgott a talajba, és így jöttek létre a meteorit repedéseiben a globulák. Mások szerint a hőmérséklet 600°C fölé kellett emelkedni, és emellett erős megrázkódtatás (több mint 40 GPa) is érte a kődarabot, vagyis a globulák biológiai eredete kizárható. Viszont kísérletekkel sikerült bebizonyítani, hogy vannak olyan földi mikrobák, amelyek még ilyen nagy nyomást is elviselnek.

A globulákban talált magnetit szemcsék esete még bonyolultabb. Bebizonyosodott, hogy a meteoritban legalább háromféle magnetit szemcse létezik. Egyikük, amely a magnetit anyag mintegy 25%-át képviseli, jellegzetes prizma alakja és Fe_3O_4 összetétele miatt feltételezhetőleg mikrobák, baktériumok

anyagcseréjének terméke. Ezeket a magnetit szemcséket az élőlények mágnes-tűként használhatták, mivel ebben a korai időszakban a Marsnak még jelentős mágneses tere lehetett.

Ami a PAH molekulákat illeti, már közvetlenül az eredeti bejelentés után felmerült az az ellenérv, hogy ezek nem marsi eredetűek, mivel más, karbon-kondrit meteoritokban is megtalálhatók. Sokan úgy vélték, hogy földi (antarktiszi) szennyeződések. A helyszíni vizsgálatok azonban kimutatták, hogy az Antarktisz jége gyakorlatilag nem tartalmaz PAH molekulákat, továbbá az ALH 84001-ben a PAH koncentráció kívülről befelé növekszik, tehát nem lehet szennyezés. (A meteoritban aminosavakat is találtak, de ezek minden bizonnyal földi eredetű szennyezések.) Azt azonban még nem sikerült bebizonyítani, hogy a PAH molekulák biológiai eredetűek.

A meteorit szervesszéntartalmát izotópelemzéssel vizsgálták. A ^{14}C izotóp lassan beépül minden olyan meteoritba, amely a földön hever. A vizsgálatok eredménye szerint az ALH 84001-ben a szerves szén 80%-a földi eredetű ugyan, de 15%-ról kiderült, hogy ^{14}C -et nem tartalmaz, és valószínűleg még a Marsról származik. Ez a marsi anyag található az említett karbonát globulák belsejében is.

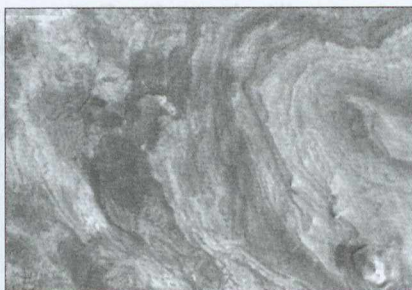
Folytatták a parányi, gyanús alakú kőületek vizsgálatát a legnagyobb felbontást biztosító elektronmikroszkópokkal. Megnyugtatóan sikerült tisztázni, hogy a meteorit belseje teljesen mentes a földi eredetű mikrobáktól. A McKay által talált, 20–100 nm méretű alakzatok valóban hasonlítanak nanobaktériumok kőületeihez, de vitatható, hogy ilyen parányi élőlények egyáltalán életképesek-e. Az utóbbi években azonban a Földön is találtak hasonló méretű nanobaktériumokat, például emlősök vérében. A Columbia folyó bazaltjában 20–200 nm-es kőületeket is találtak, amelyek valószínűleg baktériumok által átalakított ásványok. Azt a vádat, hogy ezeket a „mikrofossziliákat” csak a laboratóriumi elemzésnél használt aranybevonat hozta létre, McKay és csoportja cáfolni tudta. De továbbra is hiányzik a végső bizonyíték arra, hogy ezek a hurka alakú kőületek valóban biológiai aktivitás termékei.

Újabb gyanús jelenségekre is bukkantak a kutatók. A meteorit repedéseit hajszálvékony bevonat burkolja, ilyeneket itt a Földön baktériumtenyészetek hoznak létre, hogy környezetüket túlélésre alkalmasabbá tegyék. Sőt hasonló „bevonatot” találtak egy másik, ugyancsak a Marsról származó meteoritban, az alig 1.3 milliárd éves Nakhában is! Ezt a meteoritot 1911-ben történt leesése után azonnal megtalálták és múzeumba vitték.

A még fiatalabb, alig 165–300 millió éves Shergotty meteorit is az életgyanúsak közé került. Leesését 1865-ben figyelték meg Indiában. Mind a Nakhában, mind a Shergottyban találtak mikron méretű, agyagbevonatú gömböcskéket, amelyek megkövesedett földi gömb-baktériumokhoz hasonlítanak. Az



1.4. ábra. Réteges szerkezet a Valles Marineris peremén (a Mars Global Surveyor felvétele)



1.5. ábra. Réteges szerkezet a Mars egy északi síkságáról (a Mars Global Surveyor felvétele)

iddingsit fajtájú agyag áttüzesedett a földi légkörön való áthaladás közben, ezért marsi eredetűnek tekintik. A jellegzetes gömböcskék csomókban jelentkeznek, belsejükben a vas feldúsul a környezetéhez képest. Fontos észrevétel, hogy ilyen mikrokövet jellegű szerkezeteket más meteoritokban, vagy holdközetekben nem találtak. A kutatók véleménye szerint, ha megkövesedett baktériumok jelenléte a fiatalabb meteoritokban bebizonyosodik, akkor az élet valószínűleg ma is megtalálható a Mars felszínén, vagy annak közvetlen közelében.

A marsi meteoritokban talált jelenségek értelmezésével kapcsolatban két alapvető probléma változatlanul fennmaradt:

1. Milyen kritériumok alapján tegyünk egyértelmű különbséget biológiai és nem biológiai eredet között?
2. Mekkora a meteoritok esetében a földi eredetű szennyeződés?

Az első kérdésre itt a Földön kell megtalálnunk a választ, míg a második esetében a Marsról hozandó kőzetminták sokat segíthetnek.

Almár Iván

Precambrian Research, 2001, 106. 15-34.

www.jpl.nasa.gov/snc .

Víz és élet lehetősége a Marson

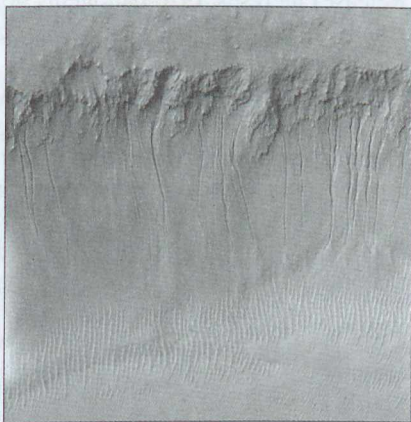
Ontja a nagyfelbontású képeket a *Mars Global Surveyor* űrszonda, és ezek a képek sok új érdekes jelenség felfedezését teszik lehetővé. Különösen a víz szerepével kapcsolatban kerültek egész más megvilágításba korábbi megállapítások.

Volt állóvíz a Marson

Már az első felvételeken is feltűnő volt a réteges szerkezetek jelenléte sok meredek völgy oldalfalán, de újabban az északi mélyföld területén és sok kráter alján is azt sugallják a formák, hogy állóvízből lerakódott rétegekkel lehet dolgunk – állítja MALIN és EDGETT. Tehát voltak tavak, és létezett a *Nagy Északi-óceán*, vagyis nemcsak rétegvulkáni lerakódások hozták létre a réteges szerkezeteket (1.4. és 1.5. ábra.).

Jelenleg is lehet folyékony víz a Marson

Malin és Edgett arra is felhívta a figyelmet, hogy főleg a déli magasföldön, a meredek völgyek pólus felé néző oldalán látszanak a talajból szivárgó víz erecskéinek eróziós nyomai, illetve a lefolyt víz szétterített hordalékmezői, és ezek egészen friss, esetleg éppen jelenkori vízfolyásokra is utalhatnak. A folyások a völgyek oldalfalán a legfelső rétegezethez alól indulnak, mintha szivárgó források lennének a felső regolitréteg alján. Folyásnyomok csak a pólus felé néző oldalakon látszanak, mert az egyenlítő felé néző falak nappal ki vannak téve a Nap hősugarainak, és annyira átmelegsznek, hogy ott a felszabaduló víz szublimál, míg a pólus felé néző oldalon kis távolságig még folyékony állapotban jut el, mielőtt elpárolog.



1.6. ábra. Vízfolyások nyomai egy marsi kráter peremén

A tavaszi olvadás jelei

A poláris sapkák határterületein – ahol télen a lecsapódó széndioxid-dérről teljesen fehérre válik a terep – nagyon érdekes mintázatok látszanak. Az adott félgömb tavaszának időszakában kis pontokban keletkező, majd egyre növekvő elsötétedés látható, ami az olvadással lehet kapcsolatban. A foltok a növekedés során összeérnek, és végül egyenletesen sötét lesz az egész terep. A foltok albedója nem egyenletes, a középső, sötétebb rész körül egy kevésbé sötét udvar helyezkedik el. A foltok növekedése során a szürke perem elsötétül, és a környező fehér terület sávja válik szürkévé. A szürke perem területén mintegy „átlátszóvá” válik a korábban fehér színű dérréteg. A fekete belső terület és szürke sáv közötti határ azonban élesen látszik, nem folyamatos az

átmenet. Sok helyen „szélzászlók” is látszanak: az uralkodó szél a sötét területről ráfújja a port a szomszédos, még fehér területre.

A marsi élet lehetősége

A marsi élet lehetősége szempontjából három munka is figyelmet és további kutatást érdemel.

Egyrészt a Viking életkísérlet résztvevője, G. V. LEVIN, az akkori mérések újraértékelése és az újabb tudományos eredmények tükrében másként látja a Viking-eredményeket, mint akkor. Azt állítja, hogy a Viking LR (Labeled Release) mérések 1976-ban igenis pozitív választ adtak arra a kérdésre, hogy jelenleg van-e élet a Marson. A pozitív eredményeket annak idején kémiai okokkal magyarázták.

Másrészt S. M. PERSHIN a HST-vel végrehajtott spektrális megfigyelésekből arra a következtetésre jutott, hogy olyan pigmentek nyomai mutatkoznak a színekben, amilyeneket a földi cianobaktériumok termelnek. Ezek a festékanyagok megvédehették az élő szervezeteket a Mars ritka légköre által átengedett ultrabolya sugárzástól. Természetesen ezek a festékanyagok az ősi élet maradványai is lehetnek, a jelenlétük nem bizonyítja, hogy most is élnek ilyen pigmenttermelő lények a Marson.

Harmadrészt HORVÁTH ANDRÁS a Mars Global Surveyor-nek a Mars déli poláris vidékeiről készült felvételein 1999-ben sajátos szín- és alakváltozást mutató dűnefoltokról azt feltételezi, hogy esetleg jelenleg is zajló élettéveskenység jelei. Erről a Planetárium beszámolójában olvasható bővebb információ. Az antarktiszi hidegtűró baktériumok ismeretében biológusok is reálisnak látják az elképzelést. Ezért a földtudományi végzettségű GESZTESI ALBERT mellett GÁNTI TIBOR és SZATMÁRY ÖRS biológusok is csatlakoztak a helyszíni mérést javasló cikk szerzőihez.

Illés Erzsébet

Lunar and Planetary Science Conference XXXI.

2000. 1052., 1056. o.; XXXII. 2001. 1543. o.;

Icarus 2000. 145 91. o.; *Science*, 2000. december;

Space News, 2000. december;

www.spacedaily.com/news/mars-life; www.msss.com/mars;

www.space.com/scienceastro.

Két tucat új hold

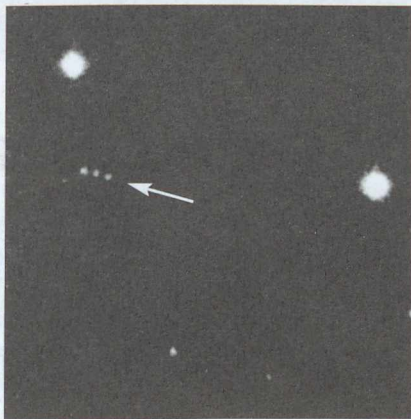
A Naprendszer holdjainak kutatása immár négy évszázados múltra tekint vissza. Az első három évszázad a vizuális felfedezőké volt, majd a *Phoebe*

1898-as megtalálásával kezdődött a fotografikus korszak. A fotografikus felfedezések időszakának vége egybefolyik az űrszondás korszakkal, amelyben a bolygók mellett elhaladó űreszközök számos apró, belső holdat találtak. A Neptunusz 1989-es megközelítése idején már a csillagászok rendelkezésére állt a CCD-detektor, ám még sok évet kellett várni, amíg ezzel az eszközzel 1997-ben két halvány, távoli holdat találtak az Uránusz körül⁶. Néhány éve még valószínűtlennek tűnt, hogy nagyszámú, ismeretlen hold lehet a Naprendszerben. 1999-ben aztán három újabb Uránusz-hold felfedezése adott lendületet a kutatásnak, és ezután, 2000-ben valóságos holdáradat zúdult ránk⁷.

A címben említett két tucat hold valójában csak 23 és fél, ugyanis a Jupiter körül 2000. november 21-én talált *S/2000 J1* hold azonosnak bizonyult a C. KOWAL által 1975. szeptember 30-án felfedezett *S/1975 J1* jelű égitesttel. A mindössze 8 km-es holdacskát akkor csak hat napig tudták követni, aztán negyed évszázadra eltűnt a szemünk elől.

A *Spacewatch-reflektorral* dolgozó J. SCOTTI vezetésével 1999. október 30-án és november 4-én a Jupiter közelében sok csillagszerű égitestet fedeztek fel, melyek mindegyike kisbolygó jelölést kapott. Az egyik égitest, az *1999 UX18* jelölést kapta. A következő év júliusában T. B. SPAHR, a Minor Planet Center munkatársa egy új keresőprogram tesztelése közben rájött, hogy ezt az égitestet már 1999. október elején is észlelték. Az egy hónapos pályáívre viszont nem sikerült Nap körüli kisbolygó-pályát illeszteni, csak Jupiter körüli keringés jöhetett szóba. Negyed évszázad után újabb holdat sikerült felfedezni a Jupiter körül.

Három hónappal később, a B. GLADMAN által vezetett nemzetközi



1.7. ábra. Az $R = 21^m.5$ fényességű *S/2000 S2* (nyílal jelölve) elmozdulása három, 15 perc különbséggel felvett, 100 s expozíciós idejű kép összegén

kutatócsoport (ők fedezték fel 1997-ben és 1999-ben az Uránusz új holdjait) bejelentette, hogy 2000. augusztus 7-én két új, távoli holdat találtak a Szaturnusz körül. A képek további vizsgálata és a holdak követése közben december végéig tíz újabb égitestet fedeztek fel a bolygó közelében. Így a 12 új holddal

6. *Csillagászati évkönyv 1999*, 156. o.

7. Lásd *A Naprendszer új holdjai* című táblázatot a táblázatos rész végén.

kereken 30-ra nőtt a Szaturnusz körül keringő, ismert kísérők száma. Valamennyi új hold halvány, pályájuk a bolygótól távol húzódik, ami befogásos eredetre utal.

S. S. SHEPPARD 2000 novemberében több kutatóval együtt tüzetesen átvizsgálta a Jupiter környezetét, és a korábban már említett S/1975 J1 újrafelfedezése mellett tíz, $R = 21^m - 22^m.5$ fényességű, új holdat sikerült felfedezniük. A 3–7 km-es égitestek közül kilenc a retrográd, egy pedig a direkt keringésű csoportba tartozik. Ezzel 28-ra emelkedett a Jupiter ismert holdjainak száma.

B. G. MARSDEN szerint azonban ezzel még koránt sincs vége az óriásbolygók körüli vadászatnak, a technika fejlődése folytán néhány éven belül megduplázódik a Naprendszerben ismert holdak száma. 2001 őszén 91 kísérőt tartottunk számon a bolygók körül (ebben a Plútó holdja is benne van), és ezek harmadát 1997 és 2000 között, három év alatt fedezték fel. Érdeklődéssel várjuk a további fejleményeket.

Sárneckzy Krisztián

Minor Planet Electronic Circular; IAU Circular;

www.skypub.com/news/news.shtml.

Kisbolygók

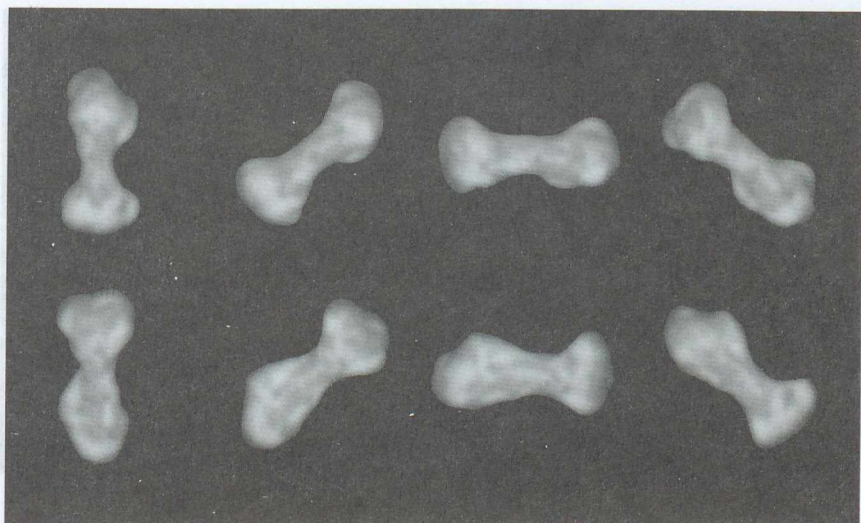
A 216 *Kleopatra* (1.8. ábra.) nagy fényvisszaverő képessége eldöntötte azt a spektrális megfigyelések alapján megfogalmazódott kérdést, hogy tisztán fémből áll-e. A $217 \times 94 \times 81$ km méretű, súlyzó alakú *Kleopatra* teljesen fémből álló kisbolygó, amely belül porózus, kívül pedig becsapódási törmelék burkolja.

A kettős égitesteknek nagyon fontos szerepe van a csillagászatban, mert ezeknél pontosan meghatározható az egyes objektumok tömege és esetleg átlagsűrűsége is. A kisbolygók körében azonban a legutóbbi évekig nem állt rendelkezésünkre ilyen adat. A 243 *Ida* holdját, az 1.5 km átmérőjű *Dactylt* 1993-ban fedezte fel a Galileo űrszonda⁸, a 45 *Eugenia* kísérőjét pedig 1998-ban⁹ találták meg.

Azóta adaptív optikával készített, nagy felbontású képeken sikerült felbontani újabb két kisbolygó képét, amelyekről fénygörbékük alapján eddig is gyanították, hogy kettősök. A mintegy 140 km átmérőjű 762 *Pulkovának* egy nagyon közel keringő, kb. 20 km átmérőjű holdja van, míg a 90 *Antiope* (1.9. ábra) is kettős kisbolygónak bizonyult egyforma, 85 km átmérőjű komponensekkel, amelyek 170 km távolságban 16.5 óra alatt kerülnek meg egymást. Bár a

8. *Csillagászati évkönyv* 1995, 139. o.

9. *Csillagászati évkönyv* 2001, 171. o.



1.8. abra. A különös formájú 216 Kleopatra kisbolygó (radarmerések alapján számítógéppel modellezett képek)

fénygörbék alapján minden ötödik földközeli kisbolygó kettős lehet, az adaptív optikás megfigyelések alapján sokkal kisebb százalékuk bizonyult kettősnek.

A vizsgálatba bevont 200 kisbolygó közül tehát kettőnél találtak holdat, egy esetben pedig kettősséget. Ezeken kívül a 2000 DP107 és az 1999 KW4 kettőssége bizonyosodott be radarral, és az *Idáé* űrszonda segítségével. A radarmérések alapján a 2000 DP107 komponensei 800 és 300 m átmérőjűek, és 2.6 km távolságban 1.8 nap alatt kerülnek meg egymást. Az 1999 KW4 esetében pedig egy 1200 és 400 m-es objektum kering közös tömegközéppont körül, 1.5 km-es távolságban.

Illés Erzsébet

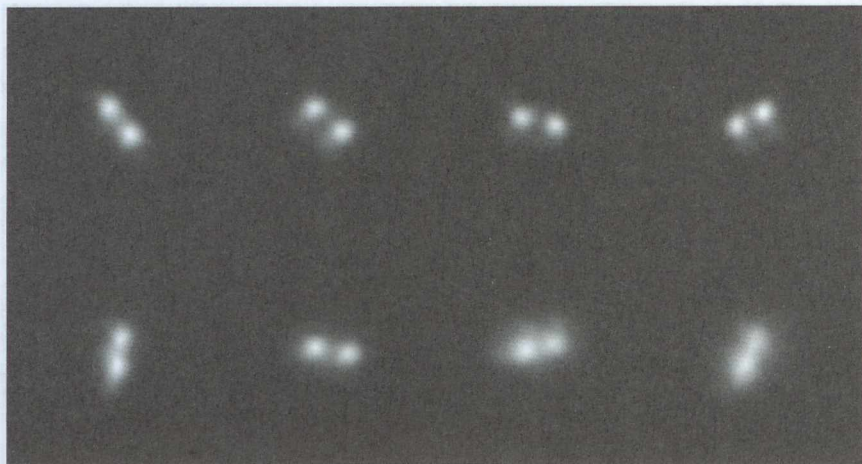
Science 2000. máj. 5. *Sterne und Weltraum* 2001. február;

Sky and Telescope, 2000. július, 2001. február;

[www.space.com/scienceastronomy/solarsystem/
asteroid_pairs_010531.wg.html](http://www.space.com/scienceastronomy/solarsystem/asteroid_pairs_010531.wg.html).

A NEAR űrszonda leszállt az Erosra

2000. február 14-én először állt pályára űrszonda egy kisbolygó köré. A számítások azt mutatták, hogy az ilyen kis égitestek körül néhány száz km-es környezetben, az egyenlítősi környékén lehet a szondára veszélyt jelentő por



1.9. ábra. A 90 Antiope kettős kibolygó keringésének fázisképei

vagy kisebb törmelék. Ezért célszerűnek látszott először poláris pályára állítani a NEAR-t, és csak később vezetni egyenlítői pályára, amikor már ismerik az Eros környezetét. Egy erősen elnyúlt égitest „dereka” körül húzódó poláris pálya egyébként is veszélytelenebb, mert a hosszabbik tengely körüli, egyenlítői pálya mentén nagyon változik a gravitációs tér. Vannak olyan helyek az Eros felszínének behorpadásai közelében, ahol kifelé vagy éppen befelé dobdhat a szonda a furcsa gravitációs környezet miatt.

A keringés közben végzett mérésekből pontosan meg lehetett határozni az Eros tömegét, ez $(6.687 \pm 0.003) \cdot 10^{18}$ g-nak adódott, a sűrűsége pedig 2.67 ± 0.03 g/cm³. A szökési sebesség a felszínen 3.1 és 17.2 m/s között változik (a földi érték 11.2 km/s) attól függően, hogy milyen messze van a felszín adott része a tömegközépponttól. A sűrűségeloszlás egyenletesnek látszik, de egy kicsi eltérés van a geometriai középpont és a tömegközéppont között, amit egy 100 m vastag, kisebb sűrűségű, porózus regolitréteg már magyarázni tud.

A forgástengely 88°-ot zár be a pályasíkra állított merőlegessel, vagyis a tengely csaknem a pályasíkban fekszik. Ennek az a következménye, hogy nagyon erős „évszakos” változás van az Eroson. A tengelyforgás periódusa 5 óra 17 perc, a tengely iránya stabil, nincs mérhető precesszió. A tengelyforgás során a felszín hőmérséklete 100°C és –150°C között változik.

A gravitáció természetesen nagyon gyenge egy ilyen kis test körül, a földinek mindössze ezredrésze. A Földön 1 m-es ugrást eredményező erővel az Eroson 1.5 km magasságba lehetne ugrani, és az igen gyenge, de bonyolult gravitációs térben a vonzóerő általában nem a felszínre merőleges. Ezért is

csodálatra méltó, hogy a keringő űrszondával a $34 \times 11 \times 11$ km-es Eros 5 km-re meg tudták közelíteni (35 km alatt már nem is stabil a pálya), és a leszállásnál olyan lassan a helyezték a talajra, hogy arról nem pattant vissza. Visszapattanás esetén lehetséges lett volna, hogy a NEAR nem is esik vissza az Erosra.

A leszállást 2001. február 12-én, 26 km magasságból kezdték el, és több mint 4 óra múlva ért talajt a NEAR 1.9 m/s, azaz 6.8 km/h sebességgel a *Himeros* nyeregfelület pereme közelében. Az Eros ekkor a Földtől 316 millió km-re volt. Az űrszonda az 5 km magasságból a felszín felé haladva még 69 képet készített, egyre javuló felbontással. A legutolsó felvétel 120 m-ről készült, és egy 6 m széles területet mutat. A programban a sima leszállás eredetileg nem is szerepelt, ezért lábai sem voltak az űrszondának. A művelet azonban olyan jól sikerült, hogy a NEAR a napelemszárnyra támaszkodva még egy héten keresztül méréseket tudott végezni, mielőtt a szondát kikapcsolták.

A program egyik legfontosabb célja annak a kérdésnek a megválaszolása volt, hogy a közönséges kondrit meteoritok valóban az Eroshez hasonló S-típusú kisbolygók feldarabolódásából származnak-e. Korábban ugyanis a kisbolygók egyik csoportjánál sem tapasztaltak a látható fényben olyan színeképet, mint amelyet a közönséges kondritok esetében mértek, ezért nem lehetett tudni, hogy honnan származnak ezek a meteoritok. Az anyagvizsgálati mérések a korábbi eredményekkel együtt egyértelmű választ adtak erre a kérdésre. A gyenge gravitáció ahhoz elegendő, hogy a kövek leguruljanak, és a por lecsússzon a lejtőkön. A NEAR-képeken a becsapódásos kráterek oldalfalain sötét anyagot lehetett látni, de a porlavinák helyén világosabb volt a felszín. Tehát a becsapódások során frissen felszínre került anyagot valamilyen folyamat elsötétíti, talán a kozmikus sugárzás és a mikrometeoritok bombázása. Ezért nem egyezik az S-típusú kisbolygók spektruma a közönséges kondritokéval.

A röntgen-gamma spektrométerrel a NEAR megmérte a Eros kőzeteinek elemgyakoriságát is, és az alumínium gyakoriságát alacsonynak jelezte. Ez arra utal, hogy a kisbolygó anyagában nem volt olyan általános átrendeződés, amely a nagyobb égitestek belső szerkezetét jellemzi. Részleges olvadást azonban elszenvedhetett, mert kénben szegényebb, mint a szenes kondritok, amiket a



1.10. ábra. Lepusztult kráterek, hatalmas sziklák és porréteg az Eros kisbolygó felszínén (a NEAR űrszonda felvétele)

Naprendszer-keletkezés kiinduló anyagának feltételezünk. A Mg:Si:Al arány olyan, mint a közönséges kondritokban. A röntgensugárzással ugyanis a felszín alatti, szilárdabb rétegek vizsgálhatók, míg látható fényben csak a mállott felszín volt tanulmányozható.

A legmeglepőbb felfedezés a felszínen található rengeteg nagy kő. Ha ezek becsapódások törmelékei, akkor miért nem repültek el a gyenge gravitációjú égitestről? Lehet, hogy nem értjük még pontosan kráterkeletkezés folyamatát a kis égitesteken?

Illés Erzsébet

<http://near.jhuapl.edu/>; *Science*, 2000. szeptember;
Science News, 2000. június; *Scientific American*, 2000. május.

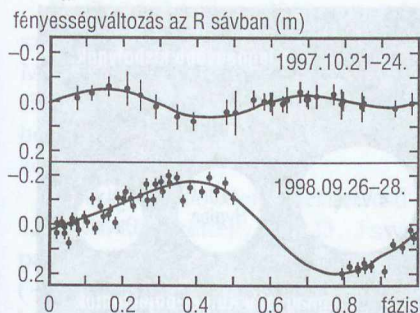
Üstökösaktivitás egy Kuiper-objektumon?

Az 1996. október 12-én felfedezett (19308) 1996 TO66 a „klasszikus” Kuiper-objektumok közé tartozik: 0.11 excentricitású, 27.3° inklinációjú pályáján átlagosan 43.4 AU távolságban járja körül Napunkat¹⁰. Látszó fényessége 21^m körül van, így az egyik legfényesebb és legnagyobb Kuiper-objektum (mint az 1.13. ábrán látható, átmérője 600–700 km lehet). Egy O. R. HAINAUT által vezetett kutatócsoport spektroszkópiai észlelései szerint a Kuiper-objektumok neutrális színű csoportjába tartozik (a másik csoport tagjai nagyon vörösek), ami azt jelenti, hogy felszíne valamilyen okból a kialakulás után már legalább egyszer átalakult. Az 1996 TO66 esetében a színindex ($B - V = 0.6 - 0.8$; $V - R = 0.3 - 0.5$) arra utal, hogy ez az átalakulás a közelmúltban következett be.

A csoport két alkalommal, 1997 októberében és 1998 szeptemberében végzett fotometriai méréseket. A periódus mindkét alkalommal 6.25 órának adódott, a fénygörbe alakja és amplitúdója viszont feltűnően megváltozott. Először dupla maximumú, 0^m12 amplitúdójú fénygörbét kaptak, egy évvel később viszont csak egy maximum volt a fénygörbén, az amplitúdó pedig 0^m33 -ra nőtt (1.11. ábra)!

Mivel a lassú keringés miatt a rálátásunk egy év alatt szinte semmit sem változik, a forgástengely precessziójáról vagy a kisbolygó valamely fizikai paraméterének megváltozásáról lehet szó. Az előbbi eset azért valószínűtlen, mert egy ilyen méretű égitest precessziója 100 év alatt megszűnik. Szóba jöhet egy másik testtel való ütközés, mely a két mérés között kibillentette a kisbolygó tengelyét korábbi helyzetéből, ám a számítások szerint az ilyen energiájú becsapódások a Kuiper-övben jelenleg ritkán következhetnek be.

10. Csillagászati évkönyv 1999, 132. o.



1.11. ábra. Az 1996 TO66 Kuiper-objektum fénygörbéjének megváltozása



1.12. ábra. Az 1996 TO66 ezen a 15 darab R szűrős kép összeadásából született 225 perces képen is teljesen csillagszerű

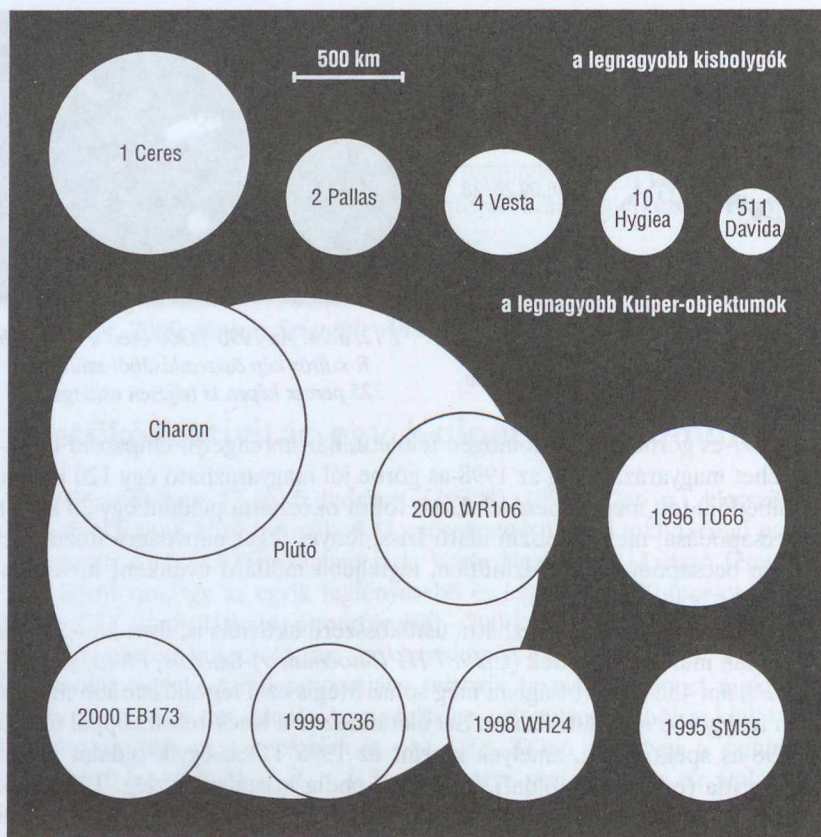
Az 1997-es görbéket egy homogén felületű, háromtengelyű ellipszoid forgásával lehet magyarázni, míg az 1998-as görbe jól magyarázható egy 120 km-es, nagy albedójú folt megjelenésével. Ezt a foltot okozhatta például egy 20 km-es test becsapódása, mely a felszín alatti friss, fényes jeget napvilágra hozta, ám egy ilyen becsapódás is valószínűtlen, legfeljebb milliárd évenként következhetne be.

A fénygörbe változását okozhatta üstökösszerű aktivitás is, ilyen 25–30 AU távolságban már megfigyeltek (*C/1987 H1 (Shoemaker)-üstökös, Plútó, (15820) 1994 TB*), ám 43 AU távolságban még soha. Mégis ez a legvalószínűbb magyarázat a fénygörbe megváltozására. Ezt alátámasztja a Keck-teleszkóppal felvett két 1998-as spektrum is, amelyek szerint az 1996 TO66 egyik oldalát amorf vízjég borítja (ez az aktív oldal), a másikat pedig kristályos vízjég. Több órányi felvétel összeadásával megpróbálták közvetlenül észrevenni a kidobódott anyagot, de az összegképeken nem látható kóma (1.12. ábra).

A kutatók végső következtetése az, hogy egy rövid életű, helyi aktivitás fényesebb foltot hozott létre a felszínen, és ez változtatta meg a fénygörbét. Mivel eddig már két üstökösaktivitást mutató Kuiper-objektumot is találtak (a másik a *(15820) 1994 TB*, ahol a HST képein kóma nyoma látható), ezeknél az égitesteknél valószínűleg gyakoriak az ilyen események. Az időszakos üstökösszerű aktivitás megmagyarázhatja a Kuiper-objektumok fényvisszaverő képességében és színében talált nagy eltéréseket is.

Sárneczky Krisztián

Astronomy and Astrophysics, 2000. 356, 1076–1088



1.13. ábra. A legnagyobb főövbeli és Neptunuszon túli kisbolygók méretaránya

Ceres méretű Kuiper-objektum

Az eddig felfedezett, több mint 400 Kuiper-objektum méreteloszlását vizsgálva a kutatók arra a következtetésre jutottak, hogy a 30–50 AU közötti térségben legalább egy 2000 km-es és néhány 1000 km-es égitestnek kell lennie. A 2000 km-est már 1930 óta ismerjük, ez a Plútó, míg holdja, a Charon, egy az 1000 km-esek közül. A Spacewatch-teleszkóppal sikerült felfedezni egy újabb égitestet, melynek mérete a főv legnagyobb kisbolygójának, a Ceresnek a méretével vetekszik.

R. S. McMILLAN 2000. november 28-án gyors mozgású égitestekre vadászott a 91 cm-es távcsővel. Amíg a távcső a következő expozíciót készítette, McMillan szemmel összehasonlította az előző területről készített képeket. Így sikerült felfedeznie a lassú mozgású, $V = 20^m$ -s égitestet. Ennek mozgási sebessége arra utalt, hogy 40–45 AU-ra lehet a Naptól, pályahajlása 17° -nak adódott.

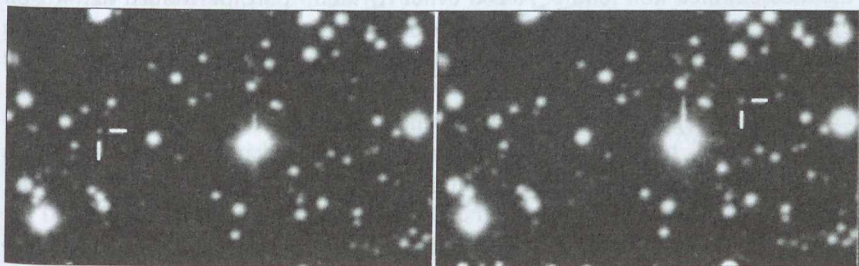
A 2000 WR106 ideiglenes jelzésű égitest átmérőjét fényesség alapján 500–1200 km közé tették, amit D. JEWITT, H. AUSSEL és A. EVANS egy hónappal későbbi szubmilliméteres és R tartományban végzett mérései 900 km-re (+100, –150 km) pontosítottak. A ráeső fény 7%-át visszaverő égitest képét két amatőrcsillagász, R. STOSS és A. KNÖFEL sikeresen azonosította a digitalizált második Palomar Observatory Sky Survey (POSS II) 1990 és 1997 között készült öt lemezén. A hosszú pályáiv alapján aztán a POSS I egyik 1955. október 23-i lemezén is megtalálták.

A sok szerencsés véletlennek és néhány ember gyors munkájának köszönhetően, alig másfél hónappal a felfedezés után az égitest végleges jelölést kapott, s mivel éppen küszöbön állt a 20 000-es sorszám kiosztása, az égitest ezt a sorszámot, és a védák könyvének egyik ősi istene után a *Varuna* nevet kapta.

Sárneczky Krisztián

Minor Planet Electronic Circular, 2000-X02, 2000-Y45;

IAU Circular, 7554



1.14. ábra. A *Varuna* az MTA CSKI 60/90/180-as Schmidt-teleszkópjával 2000. 12. 29-én és 31-én (SÁRNECZKY K., KISS L. és NAGY R. felvételei)

Üstökösmegfigyelések a SOHO-val

A *SOHO* űrszonda SWAN (Solar Wind Anisotropies) műszere az ultrai-bolya $Ly\alpha$ hullámhosszon hetenként háromszor leképezi az egész égboltot.

Az üstökösök által kibocsátott vízgőzmolekulákat a napfény hidrogénre és oxigénre bontja, és a felszabadult hidrogén $\text{Ly}\alpha$ sugárzása miatt az üstökösök láthatóvá válnak ezeken a képeken. Az archív felvételek átvizsgálásakor az üstökösök az 1° körüli felbontás ellenére is könnyen megtalálhatók egy olyan szoftver segítségével, amely több felvétel összehasonlításával megkeresi a mozgó objektumokat. Ilyen módon 2001 nyaráig 18 üstökösöt találtak az archív képeken. Érdekes lenne a SWAN felvételeket elkészítésük után azonnal értékelni, mert pl. a *Tilbrook-üstökös (C/1997 O1)* már 1 hónappal a távcsöves felfedezése előtt egyértelműen látszott a SWAN képeken. Ezek szerint a hidrogéntől és a hidroxilgyöktől származó emisszió nagyon hatásos üstökösjelzőnek látszik.

Illés Erzsébet

Sky and Telescope 2000. augusztus;

Nature 2000. május.

A Halley típusú üstökösök forrásvidéke

Az üstökösöket pályájuk alapján három típusba sorolják. Az első csoport forrását már 50 éve megtalálta JAN OORT, aki a 200 évnél hosszabb pályaperiódusú üstökösök pályáinak alakja és orientációja alapján arra a következtetésre jutott, hogy a Naptól 20 000–50 000 AU távolságban egy gömbhéjszerű üstökösfelhőnek kell lennie. A 200 évnél rövidebb pályaperiódusú üstökösök egy részének pályasíkja csaknem egybeesik a bolygók pályasíkjával. Ennek a csoportnak a forrását 1988-ban az akkor még csak feltételezett *Kuiper-övben* képzelték el. A harmadik csoport — amelynek a Halley-üstökös is tagja — egyértelműen egyik forrástól sem származtatható. A csoport tagjainak a pályája arra utal, hogy a bolygórendszer belső részein járva valamikor nagyon megközelítették a nagy tömegű Jupitert.

Most H. LEVISON és munkatársai egy számítógépes modellben 27 700 üstökös pályaváltozását követték nyomon Oort módszerével, 1 milliárd éven keresztül. Figyelembe vették a Nap, az óriásbolygók, a Naprendszer közelében elhaladó csillagok és a Tejútrendszer gravitációs hatását. A modellből kirajzolódott az Oort-felhő 20 000 AU-n belüli, ellaposodott része, ahonnan a Halley típusú üstökösök származhatnak. Még ellenőrizni kell, hogy nem jöhetnek-e a Kuiper-öv nagyobb pályahajlású populációjából, az viszont egyértelműen kizárható a kis pályahajlások alapján, hogy a gömbi eloszlású Oort-felhőből származnak.

Illés Erzsébet

Science, 2000. november.

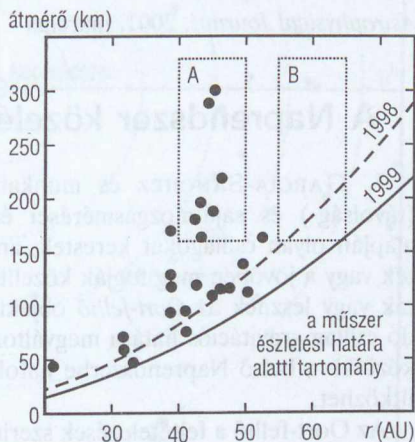
A Naprendszer külső határa?

A Naprendszer kialakulását úgy képzeljük el, hogy a bolygók és egyéb égitestek egy nem túlságosan vastag gáz- és porkorongból keletkeztek. Nincs okunk azt feltételezni, hogy ez a korong csak a legkülső óriásbolygó, a Neptunusz távolságáig (30 AU) terjed, ezért a Neptunusz pályáján kívül is keresni kezdték a belőle létrejött égitesteket. A kutatás eredményes volt, 1992-ben megtalálták az első *Kuiper-övbeli* égitestet, és számuk azóta mintegy 300-ra emelkedett. Egy tipikus Kuiper-objektum átlagos naptávolsága 40 AU, fényessége 24^m .

Az eddig felfedezett Kuiper-objektumok feltűnő tulajdonsága, hogy kivétel nélkül mind 55 AU-n belül keringenek. De valóban létezik-e ez a határ? A kérdés eldöntésére amerikai csillagászok a *Cerro Tololo Observatórium*ban mérési sorozatot indítottak. Az 1998–1999-ben végzett mérések az ekliptika kiválasztott térségében összesen 1.5 négyzetfoknyi területet fedtek le. A határmagnitúdó $R = 24^m.9$, illetve $25^m.9$ volt. (Nem ugyanazzal a műszerrel mérték 1998-ban, illetve 1999-ben). A számítások szerint az ilyen mérésekkel 65 AU-n belül kimutathatók az átlagos albedójú, 160 km-nél nagyobb méretű égitestek.

A 24 újonnan felfedezett objektum mindegyike 55 AU-n belül van. A 40–50 AU távolságtartományban 7 égitest mérete haladja meg a 160 km-t, 55–65 AU közötti távolságban viszont egy ilyet sem találtak. Ebből nagy valószínűséggel levonható az a következtetés, hogy ilyenek nem is léteznek.

Persze itt is érdemes számba venni a hibalehetőségeket. Ilyen objektumok mégis létezhetnek, ha a vártnál lényegesen kisebb az albedójuk (de akkor meg kell indokolni, hogy miért kisebb), vagy ha lényegesen vörösebb a színük, mint az eddig ismert Kuiper-objektumoké. Az is lehet, hogy 55–65 AU távolságban csak kisebb méretű égitestek vannak (de akkor ezt is meg kell indokolni). További (elvi) hibalehetőség, hogy esetleg egy a Nap közelében elhaladó csillag „megtekerte” a keresett objektumok pályáját, ezért azok nem a vizsgált helyen, hanem az ekliptikától távolabb találhatók. Ezen a lehetőségek egyike



1.15. ábra. Kuiper-objektumok a Naprendszer határán

sem nevezhető nagyon valószínűnek, ezért egyelőre azt a következtetést lehet levonni, hogy — az üstökösöket leszámítva — a Naprendszer külső határa 55 AU környékén van.

Az 1972-ben indított *Pioneer-10* az 55 AU határt 1983–84 táján léphette át, és azóta már e távolság többszörösénél tart. A Taurus csillagkép irányába halad, és mintegy 2 millió év múlva fogja elérni az útirányába eső legközelebbi csillag környezetét. Mozgásában a gravitációs konstans értékét megkérdőjelező, illetve a Naprendszerben levő láthatatlan tömegre utaló eltéréseket tapasztaltak. A szondával 2000 nyarán megszakadt a rádiókapcsolat, de 2001. április 28-án ismét sikerült létrehozni az összeköttetést.

Patkós László

Astrophysical Journal, 2001. március

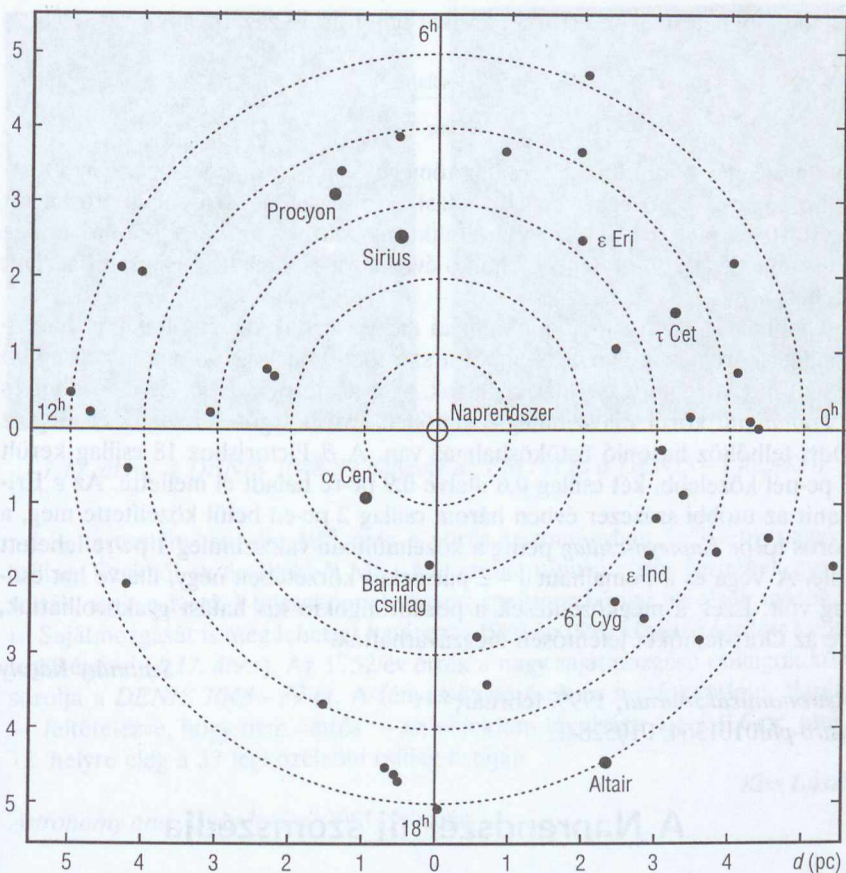
A Naprendszer közelében elhaladó csillagok

J. GARCÍA-SÁNCHEZ és munkatársai a *Hipparcos* műhold parallaxis-(távolság-) és sajátmozgásmérései és földfelszíni radiálissebesség-mérések alapján olyan csillagokat kerestek, amelyek a múltban erősen megközelítettek vagy a jövőben meg fogják közelíteni Naprendszerünket, így hatással voltak vagy lesznek az *Oort-felhő* objektumainak mozgására. Egy közel elhaladó csillag gravitációs hatása megváltoztathatja az üstökösök pályáját, sok közülük a belső Naprendszerbe hatolhat, és a bolygókkal, így Földünkkel is ütközhet.

Az Oort-felhő a feltételezések szerint egy kb. 100 000 AU sugarú, nagyjából gömb alakú tartomány a Nap körül, amely rengeteg ($10^{12} - 10^{13}$) üstökös-magot tartalmaz, ezek tömege azonban összesen legfeljebb néhányszor tíz földtömeg. A felhő létre az elnyúlt pályán keringő, hosszú periódusú üstökösök nagy száma alapján következtettek.

564 közeli csillag térbeli mozgásának vizsgálata alapján azt kapták, hogy a *Gliese 710* jelű csillag 1.36 millió év múlva csupán 1 fényévre, 69 000 csillagászati egységre halad el mellettünk, és fényes, 0^m6-s csillagnak látszik majd. A Gl710 egy narancsvörös, késői színektípusú törpe csillag (dM1 vagy K7 V). Távolsága jelenleg 63 fényév (19.3 pc), becsült tömege 0.4–0.6 $M_{\odot}$, vizuális fényessége 9^m66. Sajátmozgása igen kicsi, radiális sebessége –14 km/s. Koordinátái (2000): $RA = 18^h 19^m 50^s.79$, $D = -01^{\circ} 56' 19''.5$, kb. 1°-ra van a 3^m-s η Ophiuchi csillagtól.

A számítógépes szimulációk szerint a Gl710 az Oort-felhő 2.4 millió (!) üstökös-magjának mozgását fogja olyan mértékben megzavarni, hogy a módosult pályájuk keresztezheti a Föld pályáját, és akár ütközhetnek is bolygónkkal.



1.16. ábra. A Naphoz jelenleg 5 parszeknél közelebb lévő csillagok

Ez az „üstökös-zápor” 2 millió évig tart, így a csillag hatására évente átlagosan 1 üstökös jöhet a Föld közelébe. A jelenleg megfigyelt átlag évente 2 új hosszú periódusú üstökös, vagyis a becsapódási valószínűség alig lesz nagyobb a jelenleginél.

Jelenleg a *Proxima Centauri* vörös törpe csillag van legközelebb a Naphoz. A *Proxima* az α Centauri A+B rendszer távoli, harmadik komponense. A csillag radiális sebessége -21.7 km/s, és 26 700 év múlva lesz legközelebb a Naphoz, 0.954 pc távolságra. Az α Centauri A+B pedig 27 800 év múlva, 0.974 pc legkisebb távolságban halad el a Naprendszer mellett. A *Barnard-csillag*, amely egy jelenleg 1.84 pc-re lévő vörös törpe, 9700 év múlva 1.143 pc távolságban

halad el mellettünk. Az üstököspályákat befolyásoló zavarkeltés arányos az

$$\frac{\mathcal{M}_{\text{csillag}} \cdot r}{v_{\text{csillag}} \cdot D^2}$$

mennyiséggel, ahol $\mathcal{M}_{\text{csillag}}$ a csillag tömege és v_{csillag} a sebessége, r az Oort-felhő sugara, D a legkisebb elhaladási távolság. A legerősebb perturbációt a Gl710 okozza ($0.6 \mathcal{M}_{\odot}$). A második nagy zavaró az *Algol* hármas csillag (össztömege $5.8 \mathcal{M}_{\odot}$), amely 7 millió éve 2.5 pc-re haladt el Naprendszerünk mellett.

Újabban P. KALAS és munkatársai megvizsgálták néhány további, porkoronggal körülvett csillagot is abból a szempontból, hogy az elmúlt egymillió évben megközelítették-e más csillagok. A β Pictoris, a *Vega*, az ϵ Eridani és a *Fomalhaut* körül valószínűleg születőben lévő bolygórendszer és esetleg az Oort-felhőhöz hasonló üstököshalmaz van. A β Pictorishoz 18 csillag került 5 pc-nél közelebb, két csillag 0.6 illetve 0.9 pc-re haladt el mellette. Az ϵ Eridanit az utóbbi százezer évben három csillag 2 pc-en belül közelítette meg, a vörös törpe *Kapteyn-csillag* pedig a közelmúltban valószínűleg 1 pc-re lehetett tőle. A *Vega* és a *Fomalhaut* 1–2 parszekes körzetében négy, illetve hat csillag volt. Ezek a megközelítések a porkorongokra kis hatást gyakorolhattak, de az Oort-felhőket jelentősen megzavarhatták.

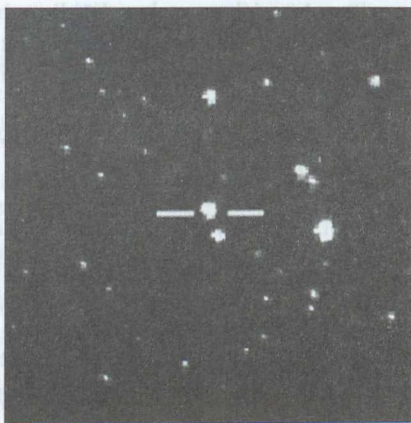
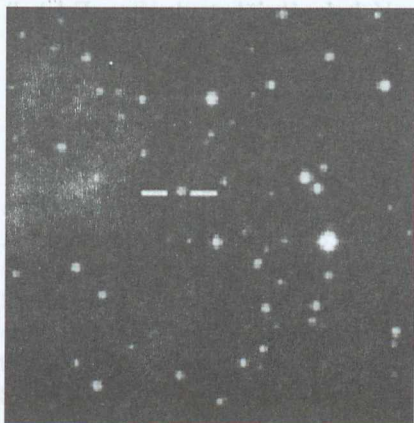
Szatmáry Károly

Astronomical Journal, 1999. február;
astro-ph/0101364, 0105284.

A Naprendszer új szomszédja

A csillagok luminozitásfüggvényének $M_V = 14^m$ körül van maximuma, ami az M-típusú vörös törpék jellemző abszolút fényessége. Ennek megfelelően pl. a Tejútrendszer csillagainak kb. 70%-a M-törpe. A Naphoz közeli térségben (25 pc-en belül) az $M_V < 7^m$ abszolút fényességű csillagok katalógusa teljes, ugyanakkor az optikai tartományban halvány, infravörösben pedig viszonylag fényesebb csillagok többsége még nem ismert. Így nem meglepő, hogy a jelenleg folyó két nagy infravörös égboltfelmérő program (a *2MASS* és a *DENIS*) nagy eséllyel bukkanhat eddig ismeretlen és csak néhány parszekre található új szomszédokra.

Francia kutatók 2001 elején jelentették be a legújabb közeli csillag felfedezését, ami egy alig 4 pc-re levő M9 színektípusú vörös törpe. A csillagot az ESO 1 m-es La Silla-i távcsövével készített IJK'-szűrős felvételeken azonosították ($I = 12^m.67$, $J = 9^m.59$ és $K' = 8^m.58$). Archív adatok alapján



1.17. ábra. A DENIS 1048-39 helyzete az ESO-R és a DENIS-I képeken

a kék tartományban alig 19^m , míg a vörös tartományban 16^m fényességű a csillag. Ezekből az értékekből M8–M9 színképtípusú vörös törpének gyanították, amit a Keck I teleszkóppal végzett spektroszkópiai mérések igazoltak is. Sajátmozgását is meg lehetett határozni 1986 és 1999 között készített képek segítségével (1.17. ábra). Az $1''.52/\text{év}$ érték a nagy sajátmozgású csillagok közé sorolja a DENIS 1048–39-et. A fényességmérések és a színképtípus alapján – feltételezve, hogy nem kettős – az objektum távolsága 4.1 ± 0.6 pc, ami a 12. helyre elég a 37 legközelebbi csillag listáján.

Kiss László

Astronomy and Astrophysics, 2001. február.

Távoli bolygórendszerek kutatása

Eddig már több mint nyolcvan csillag körül fedeztek fel bolygó(ka)t. Távcsőben nem látható kísérő létére abból lehet következtetni, hogy a csillag színképvonalai periodikusan a vörös, illetve a kék irányba tolódnak el, mivel a csillag és bolygója közös tömegközéppont körül kering. Az eltolódás mértékéből és periódusából a kísérő(k) tömegére és pályájára lehet következtetni.

Furcsa azonban, hogy az így talált bolygórendszerekben gyakori a csillagához közel keringő óriásbolygó. Erre kézenfekvő magyarázat az, hogy színképvonalak eltolódásából könnyebb kimutatni a nagy tömegű és csillagához közeli bolygót, mint a távolit és kicsit. A bolygórendszerek kialakulását leíró elméletek szerint azonban az óriásbolygóknak a csillagtól távol kell keletkezniük,

a csillag közelében csak a Földhöz hasonló bolygók jöhetnek létre. Fel kell tehát tételezni valamilyen mechanizmust, ami a távol keletkezett óriásbolygókat „behozza” a csillag közelébe. Több közvetett jel is utal arra, hogy létezhet ilyen mechanizmus.

Erre példa a *HD 82943*, amely egy Nap típusú csillag. A Nap típus itt azt jelenti, hogy a csillag fémtartalma a Napéhoz hasonló, mindössze 200 K-nel forróbb és 10%-kal nagyobb tömegű, viszont lényegesen idősebb a mi csillagunknál. Két bolygójáról tudunk: az egyik legalább 2.2, a másik 0.88 Jupiter-tömegnyi, és viszonylag elnyújtott ellipszispályán keringenek csillaguk körül.

A színképvizsgálatok szerint számottevő mennyiségű ${}^6\text{Li}$ izotóp is van a csillagon, ami igen furcsa. Márpedig ezt a világ egyik legjobb műszerével a *VLT Kueyen + UVES spektrográf* berendezéssel is igazolták. A csillagkeletkezéshez felhasznált interstelláris anyagban még megtalálható a ${}^6\text{Li}$, de a csillagfejlődési elméletek szerint ez az izotóp a Nap típusú csillagok fejlődésének korai fázisában elbomlik. Így tehát legfeljebb a csillag körüli bolygókban maradhat meg, magán a csillagon nem. Igaz ugyan, hogy egy kevés ${}^6\text{Li}$ keletkezhet intenzív flertevékenység esetén is, de a megfigyelt mennyiség csak úgy kerülhetett a csillag anyagába, ha az fejlődése során legalább két Jupiter-tömegnyi bolygót elnyelt.

Patkós László

Nature, 2001. május.

Magányos bolygók az Orionban

M. R. ZAPATERO-OSORIO és munkatársai 1997 novemberében, a La Palman található Isaac Newton-távcső nagy látószögű kamerájával készítettek nagyjából 21^m határfényességű felvételeket a σ Orionis többszörös rendszert környező fiatal halmazról (a Lófej-köd közvetlen közelében). A felvételeken 49 halvány, rendkívül hideg objektum azonosítható. Zapatero-Orsio és munkatársai a William Herschel-teleszkóppal megvizsgálták az objektumok színképét. Nyolc közülük az M6 és M8.5 spektráltípus közé esik. Tömegüket néhányszor tíz Jupiter-tömegre becsülték, a legkisebb mindössze 20–40 Jupiter-tömegnyi. Ezek az objektumok tehát már nem nevezhetők csillagoknak, mert kis tömegük miatt központi nyomásuk és hőmérsékletük nem elegendő a hidrogénfúzió beindításához.

Az azonosított objektumok a félrevezető „szabadon lebegő bolygó” ideiglenes elnevezést kapták, mivel nem keringenek semmilyen csillag körül. A csoport 1999-ben publikálta további, kis felbontású spektroszkópiai vizsgálatait, melyek során a halmaz legkisebb tömegű tagját már L1.5 spektráltípusú ob-

jektumként sorolták be, és tömegét 15 Jupiter-tömegnek becsülték. A 2001 áprilisában Garchingban, az ESO központjában tartott csillagkeletkezési konferencián jelentették be, hogy a *VLT FORSI* spektroszkópjával nyert legújabb adatokból több halmaztagot találtak, amelyek tömege 8 és 13 Jupiter-tömegnyi.

Ezek a kis tömegű objektumok rendkívül izgalmasak, hiszen a barna törpék alsó tömeghatárára esnek, ahol a deutérium-égetés beindulása már kétséges. Az objektumok egy része így nem tekinthető barna törpének sem, azonban a hagyományos bolygó elnevezés sem illik rájuk, mivel nem keringenek csillag körül. A konferencián nem tudtak megegyezésre jutni az új objektumok elnevezését illetően. Néhány (konkurens) csillagász vitatja Osorioék következtetéseinek helyességét, azt hangoztatván, hogy a halvány objektumok talán egy távolabbi, a felhő túloldalán található csillagpopuláció tagjai.

Apai Dániel

Astrophysical Journal 1999. **521**, 524;

BARRADO Y NAVASCUÉS, D.: *The Origins of Stars and Planets: The VLT View*, 2001, Garching.

Mikor jön el a gázbolygók ideje?

A csillagok körüli anyagbefogási és protoplanetáris korongok fontos szerepet játszanak a csillag és a későbbiekben esetleg kialakuló bolygórendszer fejlődésében. A fősorozat előtti csillagok jellegzetessége a nagy mennyiségű csillag körüli anyag. A csillag körüli anyag por/gáz tömegaránya — ami a korong dinamikai viselkedését is meghatározza — nagyjából a csillagközi anyagban fennálló aránnyal egyezik meg. Az esetek 15%-ánál azonban hiányzik a korongból az óriásbolygók kialakulásához szükséges gáz.

THI és munkatársai az *ISO* műhold rövid hullámhosszú spektroszkópjának (SWS) segítségével néhány ilyen, *Vega* típusú porkoronggal körülvett csillagot vizsgáltak meg. A csillagok körüli korongok megfigyelésének egyik viszonylag könnyen kivitelezhető módja a CO-molekula kimutatása. Ez a nyomjelző molekula jól mérhető a Föld felszínén működő műszerekkel is, és — a tömegarány ismeretében — becsülhető belőle a sokkal gyakoribb hidrogén mennyisége. A *Vega* típusú porkorongok esetén a korábbi CO-vizsgálatok azt jelezték, hogy a rendszerben a porkorong tömegéhez képest már csak elhanyagolható mennyiségű gáz található.

Az *ISO*/SWS műszerrel lehetett először közvetlenül megmérni a molekuláris hidrogén (H_2) tömegét. A molekula közepes infravörös tartományba eső rotációs átmeneteinek intenzitása egyenesen arányos a gáz tömegével. Ez a

molekuláris átmenet lehetőséget nyújt a korong legbelső, 100 AU-nyi részében található meleg, molekuláris hidrogén megfigyelésére. A megfigyelések a három vizsgált csillag, a β Pictoris, a 49 Ceti és a HD135344 esetén érdekes meglepetést tartogattak: a gázmennyiség több mint ezerszer nagyobb volt, mint ami a CO-mérésekből becsülhető. A β Pictoris esetén $0.17 \mathcal{M}_{\text{Jupiter}}$, a HD135344 esetén pedig $6.6 \mathcal{M}_{\text{Jupiter}}$ található gáz formában a korong középső részében. A 49 Ceti esetén csak alsó határt ($0.35 \mathcal{M}_{\text{Jupiter}}$) sikerült meghatározni.

Ezekben az esetekben a gáz/por tömegarány meg is haladja a csillagközi anyagban mért arányt, a rendszerben található gáz tömege azonban még így sem éri el a $10 \mathcal{M}_{\text{Jupiter}}$ mennyiséget, ami a saját bolygórendszerünk keletkezéséhez szükséges lehetett. A molekuláris hidrogén jelenléte és a CO hiánya megcáfolja azokat a modelleket, amelyek szerint a nagy energiájú ultraibolya fotonok „rombolták” szét a kezdeti akkréciós korongokat, így a korongok megsemmisülésének mechanizmusa egyelőre még ismeretlen. Mivel mindhárom rendszer fiatalabb 20 millió évnél, Thi és munkatársainak eredményei szerint az óriásbolygók kialakulására csak ennél rövidebb időskálákon van esély. Ezek a rendszerek a későbbiekben is rendkívül érdekesek lehetnek, mert bár a bolygók már feltehetően kialakultak, a rendszerben maradt meleg gáz eloszlása képet adhat az esetleges bolygók okozta gravitációs perturbációról.

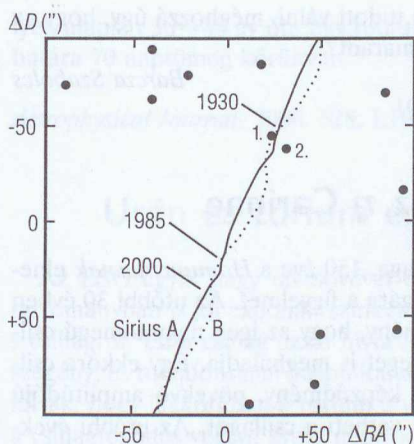
Apai Dániel

Nature 2001. **409**.

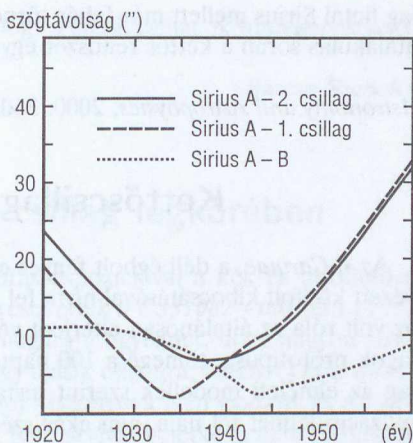
Nincs harmadik komponense a Siriusnak

1844-ben F. W. BESSEL (1784 – 1846) a Sirius meridiánkörös észleléseiből és a Kepler-törvényekből kiszámította, hogy a Sirius mellett egy sötét kísérőnek kell lennie, amit aztán 1862-ben A. CLARK fel is fedezett. Azóta sokan észlelték ezt a kettőst, és 1920 – 1940 között több észlelő is publikálta azt a gyanúját, hogy a Sirius valójában nem kettős, hanem hármas rendszer. Az A komponens normál fősorozati A színképtípusú csillag, a B 10^m -val halványabb fehér törpe, a C pedig egy 12^m látszó fényességű csillag volna körülbelül $1''$ szögtávolságra a másik kettőtől. 15 – 20 éve sokan utaltak arra, hogy a ma szabad szemmel szép kékes színű Sิริust kétezer évvel ezelőtti források vörös színűnek írták le. Ezek a magyarázatok a színváltozást a C komponenssel hozták kapcsolatba.

A Pic du Midi obszervatórium 1 méteres távcsövével több CCD-felvételt készítettek francia csillagászok, amelyeken egy a napfizikában ismert koronográfhoz hasonló szerkezettel kitakarták a képből a Sirius körüli $22''$ sugarú



1.18. ábra. A Sirius A és B mozgásának éggömbi vetülete és a környező csillagok elhelyezkedése



1.19. ábra. A szövegben említett csillagok egymástól mért szögtávolságának változása

területet. Így a Sirius $4'.8 \times 3'.6$ környezetében jól exponált képet kaptak a halvány csillagokról. ($A\ 22'' \approx 8\text{ AU}$ és a $4'.8 \approx 100\text{ AU}$ lineáris távolságnak felel meg a Siriusnál.) Ezután fölrajzolták a felvételre a Sirius A és B megfigyelt elmozdulását a B komponens felfedezése óta. Így az égi háttéren kirajzolódott a két csillag látszó pályája.

Kiderült, hogy 1920 és 1930 között nemcsak egy, hanem két csillag is volt a Sirius közelében, de ezek a csillagok nem mozognak együtt vele, és ma már $1'$ -re nőtt a távolságuk a kettőstől. Tehát a korabeli vizuális és fotografikus észlelések alapján véve helyesek voltak, sőt valójában két közeli csillag is létezett, de mindkét csillag csak látszólag került a Sirius közelébe. Közülük az egyik akkor éppen a megfigyelések felbontóképeségén belül egybeesett a Sirius B-vel.

Nincs tehát a Sirius $30''$ -es környezetén túl, a $8-100\text{ AU}$ közti zónában harmadik csillag. A $70-80$ évvel ezelőtti észlelések véletlen iránygybeeséssel magyarázhatók. Ha van harmadik komponense a Sirius rendszernek, akkor annak szögtávolsága csak $22''$ -nél kisebb lehet, de a megfigyelések nem sejtetik ilyen csillag létét. A kutatásban vizsgált $4'.8 \times 3'.6$ zónán kívüli esetleges kísérőt a nagy sajátmozgása miatt pedig már rég felfedezték volna. A Sirius tehát marad az a fura kettős, aminek 150 év óta ismerjük: egy nagyon fiatal, fősorozati A csillag, amelynek van egy szokatlanul nagy tömegű fehér törpe kísérője. Vajon ennek a csillagnak milyen lehetett a fejlődése, hogy a viszony-

lag fiatal Sirius mellett már fehér törpévé tudott válni, méghozzá úgy, hogy az átalakulás során a kettős rendszer együttmaradt?

Barcza Szabolcs

Astronomy and Astrophysics, 2000. 360, 991

Kettőscsillag az η Carinae

Az η Carinae, a déli égbolt fényes csillaga, 150 éve a *Homunculusnak* elnevezett ködfolt kibocsátásával hívta fel magára a figyelmet. Az utóbbi 30 évben az volt róla az általánosan elterjedt vélemény, hogy az igen nagy tömegű csillagok prototípusa, tömege a 100 naptömeget is meghaladja. Egy ekkora csillag az elméleti modellek szerint instabil képződmény, növekvő amplitúdójú pulzáció léphet fel nála, ami akár szét is vetheti a csillagot. Az utóbbi években megfigyelték hogy a csillag színképében változó radiális sebesség mellett bizonyos ionizált elemek vonalai elhalványultak. Ezeket a változásokat az instabillá válással magyarázták, noha modellszámításokkal nem sikerült igazolni, hogy tényleg erről van szó.

Az újabb spektroszkópiai észlelések bebizonyították, hogy a megfigyelt színképi változások 2020 ± 5 napos periódussal ismétlődnek: a Paschen- γ vonal széles komponensének radiális sebessége úgy változik, ahogyan az két körülbelül 70 naptömegnyi csillag nagy excentricitású ($e = 0.75$) pályán való keringése esetén várható. A korábbi észlelések alapján már 1997-ben sejtették, hogy kettősségről van szó, de ki kellett várni az ismétlődést, ami a megadott időben be is következett. Ilyen pontos ismétlődést nagy tömegű csillag instabilitása nem okozhat.

Az egyéb spektrális változások magyarázatául a nagy excentricitású pálya kínálkozik: mivel mindkét csillag elég erős csillagszél forrása, a kidobott anyag korongba rendeződve forró folt(ok) és diffúz gázköd színképét mutatja. Ez a színkép jelentősen megváltozik attól függően, hogy mi van éppen takarásban. A spektrum még arról is árulkodik, hogy az egyik csillag fényes kék változó, a másik pedig forróbb és kevésbé fejlődött kék csillag, amit egyelőre nem sikerült megpillantani. Talán később elvégzendő távoli ultraibolya észlelések majd kimutatják.

Az utóbbi időben számos rendkívül nagy tömegűnek hitt csillagról derült ki, hogy valójában kölcsönható kettős vagy többszörös csillagrendszer. A komponensek tömege pedig ily módon az elméletek által már többé-kevésbé stabilnak minősített csillagtömeg felső határa alá csökkent. Mindez nagy öröm az elméleti asztrofizikusok számára: talán mégis jók azok a megfontolások, ame-

lyek alapján 30–40 év óta úgy tudjuk, hogy a stabil csillagok tömegének felső határa 70 naptömeg körül van.

Barcza Szabolcs

Astrophysical Journal, 2000. 528, L101

Urán és tórium egy csillag légkörében

Az ESO egyik nagy távcsövével egyórás expozícióval a kék és ultraibolya tartományban is jól exponált színeképet készítettek a CS31082–001 jelű 11^m7 -s csillagról. Ez a csillag azzal hívta fel magára a figyelmet, hogy nagyon fémszegény, és tulajdonságai hasonlítanak egy másik csillagra, amelyről már kimutatták, hogy légkörében a tórium a vashoz viszonyítva igen gyakori. A tórium a csillagfejlődés végén, gyors neutronok befogásával keletkező kémiai elemek egyike. A CS31082–001 színeképében is könnyen azonosítani lehetett a tóriumot, de emellett még az egyszerűen ionizált urán 385.959 nm-es vonalát is.

A csillaglégkör-modellek a hőmérsékletre $T_{\text{eff}} = 4825$ K-t, gravitációs gyorsulásra $g = 30 \text{ cm} \cdot \text{s}^{-2}$ értéket adtak, tehát egy viszonylag hideg szuperóriás csillagról van szó. A vonalas színeképből pedig az adódott, hogy a vas, az ozmium, az irídium, a tórium és az urán a hidrogénhez képest atomszám szerint $10^{-7.4}$, $10^{-11.5}$, $10^{-11.6}$, 10^{-13} és $10^{-13.7}$ gyakorisággal fordul elő. (A Nap légkörében a vas mintegy ezerszer, az ozmium és az irídium pedig tízszer gyakoribb.)

Az eredmény elsősorban azért érdekes, mert az urán 238-as izotópja radioaktív bomlással 4.5 milliárd éves felezési idővel tóriummá, ozmiummá és irídiummá alakul át. Ha feltételezzük, hogy ezek az elemek mind a bomlás során keletkeztek, akkor relatív gyakoriságukból a „radioaktív óra” megmondja a csillaglégkör anyagának életkorát, amire $12.5 \pm 3 \cdot 10^9$ év adódott. Ez alsó korlátot ad az Univerzum életkorára. A kapott eredmény összhangban áll az a korral, amit manapság a kozmológia az ősrobbanás óta eltelt kornak tart. Pár éve ugyanis sok fejtörést okoz az asztrofizikusoknak, hogy bizonyos csillagok öregebbeknek tűnnek, mint az ősrobbanás óta elképzelhető maximális időtartam.

Önmagában is érdekes azonban, hogy a Napon kívül most sikerült először uránt kimutatni egy csillag légkörében. A háromszor hosszabb felezési idejű tórium ugyanis csak sokkal bizonytalanabb kormeghatározást tett lehetővé. Elgondolkasztató, hogy ebben a nagyon fémszegény csillagban is jelen vannak már a legnehezebb kémiai elemek is, amelyek keletkezését még ma sem teljesen értjük. Az ugyanis bizonyos, hogy nem e csillag mélyéből, a magreakciók

zónájából jöttek fel, hanem már jelen voltak abban az anyagban, amiből ez a csillag 12 milliárd évvel ezelőtt, feltehetőleg nem sokkal az ősrobbanás után kialakult.

Barcza Szabolcs

Nature, 2001. 409, 691

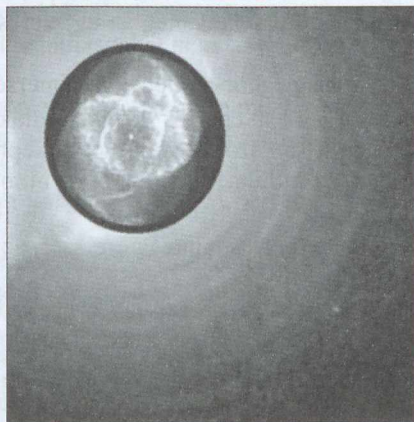
Gyűrűk a Macskaszem-köd körül

A *Macskaszem-köd* (NGC 6543) fényes planetáris köd alig 1 fokra az ekliptika északi pólusától. 25'' méretű magja összetett szerkezetű: fő jellegzetessége két, egymást keresztező ellipszis — ami feltehetően egy bipoláris köd vetületi képe. A ködöt kb. 300'' átmérőjű szálak szerkezetű burok veszi körül, amelyet széles űr választ el a magtól. Amerikai kutatók ebbe az űrbe pillantottak bele a Hubble-űrtávcsővel.

A képeken legalább kilenc, egymástól jól elkülönülő gyűrű látszik. Ezek valószínűleg gömbszimmetrikus buborékok, amiket a planetáris köd szülő csillaga dobott le a csillagfejlődés kései fázisaiban bekövetkező héliumhég-fellobbanások alatt. A gyűrűk a megfigyelések alapján hasonló hőmérsékletűek és összetételűek, mint a mag. A planetáris köd távolságára 1 kpc-et, a ledobódási sebességre 10 km/s-ot feltételezve a gömbhéjak kb. $0.01 M_{\odot}$ tömegűek, 1000 AU vastagságúak és durván 1500 évenként követték egymást. Ez utóbbi érték érdekes módon nem áll összhangban az elfogadott héliumhég-fellobbanási elmé-

letekkel, amelyek sokkal ritkábban, 10^5 évenként jósolnak megnövekedett tömegvesztést. Tehát feltételezhető, hogy a héjakat más folyamat hozta létre.

Egy esetleges magyarázat az aszimptotikus óriáság csillagainál jelentkező és porfelhők képződését kiváltó csillagszél, amelynek jellemző időskálája éppen megegyezik a Macskaszem-köd gyűrűinek ledobódási időközével. További érdekesség, hogy a mag kéttengelyű szimmetriát mutató alakja teljesen függetlennek látszik a gyűrűk szabályosságától, amit a mag kialakulásának magya-



1.20. ábra. Az NGC 6543 különböző struktúráinak képei: a mag és a gyűrűk a HST felvételén az [OIII] hullámhosszán

rázatánál figyelembe kell venni. Valószínűleg a tömegvesztés módja változott meg az aszimptotikus óriáságról a planetáris köd állapotba történő átalakulásnál. Ezt esetleg egy, a vörös óriás állapotban elnyelt kísérő csillag hatása is okozhatja, ám a kérdés eldöntése további vizsgálatokat igényel.

Kiss László

Astronomical Journal, 2001. január.

Törpe nóvák közléről

A törpe nóvák kataklizmikus változócsillagok, amelyek viszonylag gyakori és nagy amplitúdójú ($\Delta m > 3^m$) kitöréseket mutatnak. Rövid keringési idejű, szoros kettősök, amelyeket egy K–M típusú törpe vagy szubóriás csillag és egy fehér törpe alkot. A vörös mellékkomponens kitölti Roche-térfogatát, gyorsan forog és erőteljesen hat rá a fehér törpe főkomponens sugárzása. A fehér törpe anyagot szív el a társáról, ami egy anyagbefogási korongot alkot a fehér törpe körül. A kitöréseket ennek a tömegátadásnak az instabilitásaival magyarázzák. A kettős fejlődésének korábbi állapotában, amikor a főkomponens még nem fehér törpe volt, a mellékkomponens ennek légkörén belül keringett. Éppen ezért meglepő lenne, ha a másodkomponens tulajdonságai teljesen hasonlóak lennének a hasonló kezdőfeltételekkel, de magányosan fejlődő fősorozati csillagokéhoz.

A megfigyelések mégis azt mutatják, hogy a legtöbb másodkomponens a mérési hibán belül szinte teljesen azonos tulajdonságú, mint a nullkorú főszorozat hasonló tömegű törpecsillagai. Bizonyos mellékkomponensekre viszont nem érvényes a fősorozati spektráltípus–tömeg összefüggés. Ezeknél a tömegátadó vörös törpe hidegebb és nagyobb tömegű, mint a fősorozati megfelelője. Mindezek fényében érdekes kérdés, hogy a törpe nóvák másodkomponensei pontosan milyen fizikai paraméterekkel jellemezhetők, hiszen a hosszú időn keresztül zajló tömegátadás befolyásolhatja a vörös törpék tulajdonságait.

Amerikai kutatók három nevezetes törpe nóvát vizsgáltak meg a Hubble-űrtávcsővel. Az *U Geminorum*, *SS Cygni* és *SS Aurigae* asztrometriai, fotometriai és spektroszkópiai vizsgálatával meghatározták a rendszerek távolságát, az infravörös spektrumokból pedig a csillagok spektrális energiaeloszlását. A kapott adatokból aztán megállapították a másodkomponensek színképtípusát és abszolút fényességét, amit összevetettek a fősorozati megfelelők jellemzőivel. A legfontosabb eredmények a következők:

1. Az *SS Aur*, *U Gem* és *SS Cyg* parallaxisai rendre 4.97 ± 0.65 , 10.30 ± 0.50 , illetve 6.27 ± 0.47 ezredívmásodperc.

2. A szélessávú (UBVRIJHK szűrőkkel végzett) fotometriából megszerkesztett spektrális energiaeloszlást modellezve a másodkomponens színektípusa az SS Aur esetében M1, az U Gem-nél M4 és az SS Cyg-nél K4.
3. A távolságok alapján az SS Aur hideg komponense azonos tulajdonságú a fősorozati M1 törpékkel, ugyanakkor az U Gem és SS Cyg infravörös többletsugárzást mutat.

Az eredmények tükrében valószínűsíthető, hogy a tömegátadás alapvetően befolyásolja a másodkomponensek természetét. Ennek módjáról az elméleteknek kell számot adniuk.

Kiss László

Astronomical Journal, 2000. november.

Szupernóvák nyomában

A Hattyú csillagképben található *Fátyol-köd* az egyik legismertebb szupernóva-maradvány. A ködösséget a szupernóva-robbanás lökéshulláma által gerjesztett, eredetileg semleges anyag okozza. A maradvány távolságát MIN-KOWSKI 1958-ban 770 parszeknek találta — ezt részben HUBBLE 1937-es sajátmozgásméréseire alapozta. A HST újabb mérései azonban sokkal közelebbre helyezik ezt a látványos objektumot. W. P. BLAIR és kollégái a Fátyol-köd északkeleti határát a hidrogén $H\alpha$ -vonalának közelében képezték le. A nagy felbontású képek az éléről nézve mutatták a „lökéshullámot”. A Fátyol meglepően simának, csomótlanak tűnik, ami a csillagközi anyag sűrűségének egyenletes eloszlására utal. Blair és csoportja összevetette a lökésfront helyét a HST képein és a Palomar Sky Survey 44 évvel korábbi, vörösben érzékeny fotólemezein. A képek 3'5 és 3'6 elmozdulást mutatnak. A látóirányú sebesség spektroszkópiai méréseiből származó, 170 km/s sebességet felhasználva ebből 442 ± 100 pc (nagyjából 1500 fényév) távolság adódik.

Az új, eddigieknél pontosabb mérés nemcsak közelebb hozta, de meg is „fiatalította” a Fátyol-ködot: az eddigi 18 000 év helyett 5000 évre becsülhető a kora. Korábban a Vela szupernóva-maradvány távolságát is részben a Fátyol-köd eddigi távolságadatát felhasználva kapták meg, így Blair mérései megváltoztatják a szupernóva-maradványokról kialakult képünket.

Apai Dániel

Astronomical Journal, 2000. **120**;

Sky and Telescope, 2001. február.

Felhők barna törpéken?

A. SCHOLZ és J. EISLÖFFEL az ESO chilei 2.2 m-es távcsövével két éjszakan át felvételsorozatot készítettek az IC 4665 fiatal nyílthalmazról. A méréshez a Wide Field Imager detektort használták, amely $32' \times 33'$ látómezejével nagy területek vizsgálatára alkalmas. A többszín-fotometriával már előzőleg kiválóatott, nagyon kis tömegű csillagok (részben barna törpék) fényességváltozását elemezve meglepő eredményre jutottak. Periodikus változást találtak 13 olyan csillagnál, amelyek tömege kisebb $0.3 M_{\odot}$ -nál, öt esetben pedig barna törpék mutattak periodikus fényváltozást. A legkisebb tömegű változó mindössze 38 Jupiter-tömegnyi lehet.

A változás a szerzők szerint egyértelműen a forgó csillag felszínének foltosságával magyarázható. A változások periódusa 4 és 21 óra között van — bár az idősorból hosszabb periódusokat is ki lehetne mutatni, ilyet nem találtak. A mérésekből az is kiderül, hogy a flerek gyakorisága a nagyon kis tömegű objektumoknál elenyésző, amiből arra következtethetünk, hogy mágneses terük igen gyenge. Ez akkor válik különösen érdekessé, ha a foltosság magyarázatát keressük, hiszen a napfoltokhoz hasonló jellegű, de nagyobb méretű foltok létrehozásához jelentős mágneses térre lenne szükség.

A szerzők elképzelése szerint a barna törpék légkörében — Naprendszerünk óriásbolygóihoz hasonlóan — hosszabb-rövidebb ideig stabil felhők találhatóak, amelyek az égitest forgása során fényességváltozást okoznak. Ha ez valóban igaz, akkor ez az első eset, hogy „időjárás” nyomait látjuk barna törpék felszínén.

Apai Dániel

EISLÖFFEL, J.–SCHOLZ, A.: *The Origins of Stars and Planets: The VLT View*, 2001, Garching;
Astronomische Gesellschaft Abstract Series, Vol. 17., 2000.

A PSR B1620–26 hármas rendszer

Az M4 gömbhalmaznak majdnem a közepében található a PSR B1620–26 milliszekundumos rádiópulzár. Az objektum több szempontból is egyedülálló: ez az egyetlen rádiópulzár, amely hármas rendszer tagja; és ez az egyetlen ismert hármas rendszer gömbhalmaz belsejében. Hármas voltát 1993 óta sejtették, de most egy kutatócsoport feldolgozta 11 év megfigyelési anyagát, és a sejtés bizonyossággá vált.

Azt már régóta tudjuk, hogy a hármas rendszer két szorosan egymás közelében keringő tagja egy neutroncsillag és egy fehér törpe, amelyek 191 nap alatt kerülik meg egymást. Az új megfigyelések tették lehetővé a komponensek tömegének pontos meghatározását: a neutroncsillag körülbelül 1.4 naptömeg, míg a fehér törpe 0.3 naptömeg. A Hubble-űrtávcső felvételei kizárták azt a korábbi sejtést, hogy a második komponens normál fősorozati csillag volna. A Keck-teleszkóppal korábban a pulzár irányának közelében észlelt csillagról kiderült, hogy előtércsillag, nem tartozik a gömbhalmazhoz. A harmadik komponens pályájának mintegy 60 AU a fél nagytengelye, az excentricitás elég nagy: $e \approx 0.45$, egy keringése körülbelül 300 évig tart. A tömege 0.007 naptömegnyi, éppen a barna törpék és az óriásbolygók határán van. Ez a hármas rendszer tehát hierarchikus felépítésű.

Megnyugtató, hogy a neutroncsillag megfigyelt tömege nem lépi túl a Chandrasekhar-féle tömeghatárt. Csillagokkal zsúfolt környezetben – amilyen például egy gömbhalmaz közepe – egy hármas rendszert az árapályerők 10^7 – 10^8 év alatt szétszórtnak. Elgondolkoztató, hogy most mégis sikerült megfigyelni egy ilyet. Ez arra utal, hogy a gömbhalmazokban számos ilyen rendszernek kell keletkeznie, hogy legyen utánpótlás.

Barcza Szabolcs

Astrophysical Journal, 2000. 528, 336

Bizonyíték a fekete lyukak forgására

A fekete lyuk olyan égitest, melynek a „felszínén” (a viszonylag nagy tömeg és kis méret következtében) a szökési sebesség meghaladja a fénysebességet. Mivel a fénysebesség nem léphető át, a fekete lyuk belsejéből nemcsak fény, de semmiféle fizikai információ sem képes kijutni. A fekete lyukakról azért tudunk mégis valamit, mert néhány ilyen égitest közönséges csillaggal alkot kettős rendszert. A megfigyelhető kísérő csillagnak a közös tömegközéppont körül végzett mozgásából így sok minden kiderül, elsősorban a fekete lyuk tömege.

A fekete lyukat tartalmazó kettős rendszerekhez igen hasonlóak a neutroncsillagot tartalmazó kettősök. Egy ilyen kettős megfigyeléséből megtudhatjuk, például azt, hogy a neutroncsillagok hogyan forognak. De forognak-e a fekete lyukak? Úgy tűnik, hogy a *GRO J1655–40* fekete lyukat tartalmazó kettőscsillag tanulmányozásából most erre a kérdésre is választ kaphatunk.

A szóban forgó kettős mintegy 10 000 fényévnnyire van tőlünk. A látható közönséges kísérő csillag mozgása alapján a nem látható komponens tömege $6.3 M_{\odot}$, tehát neutroncsillagnak túl nagy lenne, csak fekete lyuk lehet. A kí-

sérőről spirális pályán a fekete lyuk rendkívül erős gravitációs terébe behulló anyag — a felszabaduló óriási potenciális energia következtében — annyira felhevül, hogy röntgensugárzást bocsát ki. Ezt a röntgensugárzást tanulmányozták a *Rossi X-ray Timing Explorer* mesterséges holddal.

Ha a vizsgált fekete lyuk körül gömbszimmetrikus a gravitációs tér, akkor a spirális pályán egyre gyorsabban keringve bezuhanó anyagot, 64 kilométer magasságig láthatja a külső megfigyelő, ezután bekerül a fekete lyuk eseményhorizontja mögé. A röntgensugárzásban találtak is $1/300$ s periódusidejű ingadozást, ami pont megfelel a 64 km-es távolságban érvényes keringési időnek. De találtak $1/450$ s-os változásokat is, ami 15 km-rel alacsonyabb pályához tartozó keringési frekvencia. Ilyen mélységből csak akkor jöhet ki információ, ha a fekete lyuk nagy sebességgel forog a tengelye körül.

Az nem meglepetés, hogy a fekete lyukak forognak, hiszen egy fekete lyuk úgy jön létre, hogy egy forgó csillag rendkívül kis méretűre összeroskad. A maradvány a fizika alapvető megmaradási törvényei szerint „öröklí” az eredeti csillag forgásmennyiségét, ezért tehát gyorsan kell pörögnie. Az ismertett vizsgálatban nem a forgás ténye, hanem a mérés lehetősége jelenti az újdonságot.

Patkós László

Science News, Astrophysical Journal, 2001. május.

A Tejútrendszer szerkezete

A Tejútrendszer középpontjában lévő fekete lyuk esetéhez hasonlóan a spirálkarok feltérképezésében is fellép a „nem látjuk a fától az erdőt” hatás. Ezért is hasznos lehet a miénkhez hasonló galaxisok szerkezetének tanulmányozása.

Határozott kép nem alakult ki a spirálkarok lefutásáról, de, a H II zónák, az egyéb (főleg HI és CO) gázkomponensek, valamint a mágneses mező tanulmányozása alapján a kutatók többsége úgy gondolta, hogy — legalábbis a Tejútrendszernek ezen az oldalán — négy spirálkart lehet megkülönböztetni.

A legújabb (*COBE/DIRBE*) adatokon alapuló mérések szerint ez a kép kicsit módosult. A K hullámhossztartományban ($2.2\ \mu\text{m}$ környékén) megfigyelhető infravörös sugárzás elsősorban csillagoktól származik, és kevésbé befolyásolja az interstelláris abszorpció. Az ebben a sávban kapott mérési eredményekre leginkább kétkarú logaritmikus spirális illeszthető. A két, többszörösen feltekeredett spirálkar ebben a képben a 3 kiloparsekes, illetve a Scutum-ággal azonosítható.

A másik tartományban ($240\ \mu\text{m}$ környékén) kapott eredmények viszont inkább a korábbi – négy spirálkart tartalmazó – képpel egyeztethetők össze. Ezek a távoli infravörös adatok elsősorban az intersztelláris gáz eloszlását tükrözik, és csak kevésbé a csillagokét.

A két kép nem összeegyeztethetetlen. Más galaxisokban végzett megfigyelések szerint sem szokatlan, hogy a csillagok, illetve az intersztelláris gáz eloszlása más szerkezetet rajzol ki. Arra is van példa, hogy különböző hullámhosszakon készített felvételek alapján ugyanazt a galaxist egészen más típusba kellett sorolni.

Patkós László

Astronomy and Astrophysics, 2000.

Törpegalaxisok, gömbhalmazok

A *Sagittarius törpegalaxis* 7 évvel ezelőtti felfedezése új feltételezéseket indított el Tejútrendszer halójának kialakulásáról. Eszerint nagyjából a Nap pályájáig terjedő zóna gyors kollapszussal keletkezett, míg a külső részek, legfőképpen a haló jelentős hányada olyan törpegalaxisokból származik, amelyeket a Tejútrendszer befogott, és az árapályerők feldaraboltak.

Ilyen folyamatban a befogott törpegalaxisnak a központi, sűrű régiói, gömbhalmazai maradhatnak csak meg, a többi csillaga pedig olyan pályára kerül a Tejútrendszerben, amely markánsan különbözik a fősíkban található pályáktól. A Hipparcos asztrometriai műhold által mért sajátmozgás adatokból és radiálissebesség-mérésekből sikerült most kimutatni, hogy a Nap 1 kpc-es környezetében 88 fémszegény csillagból hétnek a mozgása eltér a többiétől. E csoport tagjai együtt mozognak, és a pályájuk alapján feltételezhető, hogy ezeket a csillagokat a Tejútrendszer árapályereje ragadta ki abból az egykori törpegalaxisból, amelynek maradéka a Sagittarius törpegalaxis.

Keringési idejük 400 millió év, pályájuk a Tejútrendszer centrumától 7 kpc minimális, 16 kpc maximális távolságra halad, a pálya hajlása pedig olyan nagy, hogy a fősíktól 13 kpc-ig is eltávolodnak. Az elképzelés mellett szól még az is, hogy a Sagittarius törpegalaxis két fiatal, nagyobb fémtartalmú gömbhalmazt is tartalmaz. A törpegalaxisokban ugyanis a gömbhalmazok sokkal később is keletkezhetnek, mint a Tejútrendszerben, és a későbbi gömbhalmazok nagyobb fémtartalmú csillagközi anyagból álltak össze.

Ilyen előzmények után felmerült a gyanú, hogy az ω Centauri és a Sagittarius törpegalaxis centruma közelében lévő, igen fényes M54 gömbhalmaz is egykor befogott, s aztán az árapályerők által szétszedett törpegalaxis maradványa. Az ω Cen a Tejútrendszer legfényesebb és legnagyobb tömegű gömbhalmaz.

Egy koreai kutatócsoportnak 130 000 csillagból szerkesztett szín – fényesség-diagram segítségével sikerült bizonyítani, hogy az ω Cen legalább két csillagpopulációból áll, amelyeknek fémtartalma különbözik. A fiatalabb és nagyobb fémtartalmú populáció mintegy kétmilliárd évvel később jött létre, mint a fémszegény populáció(k). Alátámasztja a befogás gyanúját, hogy az ω Cen a fősíki csillagaihoz képest retrográd irányban kering a Tejútrendszer közepontja körül, pályájának excentricitása igen nagy, a pályahajlás viszont nagyon kicsi. Ha az ω Cen a Tejútrendszerrel együtt alakult volna ki, fölöttébb valószínűtlen volna, hogy ilyen legyen a pályája¹¹.

A közelmúltig az volt az általánosan elterjedt nézet, hogy a gömbhalmazok csillagai egyidejűleg keletkeztek, nagyon rövid időn belül, a fősíki csillagainak kialakulása előtt. Ez az elképzelés ma már múlté, a Tejútrendszerhez tartozó két legfényesebb gömbhalmaz, az ω Cen és az M54 máshonnan jöhetett.

Barcza Szabolcs

Nature, 1999. 402, 29, 53, 55

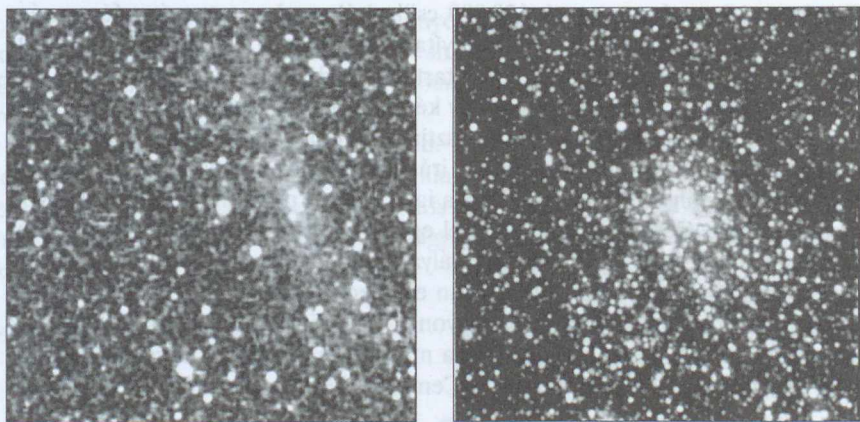
„Új” gömbhalmazok a Tejútrendszerben

A Tejútrendszer keletkezésének idejéből származó gömbhalmazok vizsgálata az asztrofizika számtalan területén vezetett rendkívül fontos eredményekhez. Éppen ezért igen fontos feladat, hogy ennek a meglehetősen ritka objektumfajtának az összes képviselőjét számba vegyük.

1997-ig összesen 147 galaktikus gömbhalmazt ismertünk, melyek közül az utolsó három felfedezés (a *Pyxis*, a *Lynga 7*, valamint az *IC 1257* azonosítása gömbhalmazként) az 1990-es évek első felében történt. Különböző statisztikai becslések a Tejútrendszer gömbhalmazainak számát 150 – 180 közé teszik. Eddig ismeretlen gömbhalmaz felfedezésére a galaktikus fősíkhöz közel van nagy esély, ahol az optikai tartományban az intersztelláris por elnyelése bizonyos irányokban a 20 – 25 magnitúdót is eléri. Ebből a szempontból különösen fontosak a nagy infravörös égboltfelmérő programok (*2MASS*, *DENIS*), melyek olyan hullámhosszakon térképezik fel az eget, amelyeken a csillagközi fényelnyelés több nagyságrenddel kisebb, vagyis az eddig „láthatatlan” gömbhalmazok létezésre is fény derülhet.

2000-ben három új taggal gyarapodott a galaktikus gömbhalmazok listája. Először a *Two Micron All-Sky Survey* (*2MASS*) mérései alapján jelentették

11. A fémszegény és fémgazdag populáció aszimmetrikus térbeli eloszlása – amelyre JURCSIK JOHANNA mutatott rá 1998-ban – szintén megmagyarázhatatlan lenne a közbülső haló feltételezése nélkül (a szerkesztő megjegyzése).



1.22. ábra. Közei infravörös felvétel a 2MASS program által felfedezett spirálgalaxisról és gömbhalmazról

be amerikai csillagászok két új gömbhalmaz (és egy spirálgalaxis) véletlennek köszönhető felfedezését. A gömbhalmazok, amelyek a 2MASS GC01 és GC02 jelölést kapták, 2–3 ívperc átmérőjűek, és csaknem pontosan a galaktikus fősíkban találhatók. Chilei kutatók nagy határfényességű infravörös mérései egyértelműen kimutatták, hogy a korongpopulációhoz közeli, fémgazdag gömbhalmazokról van szó. Irányukban 18–21^m fényelnyelés teszi lehetetlenné az optikai azonosítást.

Ezt követően olasz és brazil csillagászok az ESO/Uppsala Survey fotólemezein talált 1.5-es, ESO 280–SC06 néven nyílthalmazként katalogizált csoportosulást vizsgálták meg. A rendkívül kompakt csillaghalmaz szín–fényesség-diagramja egyértelműen mutatja, hogy gömbhalmazról van szó, ami a horizontális ág látszó fényessége alapján kb. 22 kpc távolságban van a Naptól, a Tejútrendszer túloldalán, az Ara csillagkép irányában. Ezzel bejegyzésre került a 150. gömbhalmaz is, ám még további felfedezések is várhatók.

Kiss László

Astronomical Journal, 2000. október;

Astronomy and Astrophysics, 2000. szeptember, október.

Fehér törpék a Hubble-mélyvizsgálat felvételein

A Hubble-mélyvizsgálat felvételei az északi és déli égbolt egy-egy apró területéről készültek. A képeket főleg a nagyon távoli galaxisok tanulmányozására

használták, s ebben a témakörben mindmáig igen intenzív munka folyik¹². A felvételeken látható halvány csillagok vizsgálata ugyan nem járul hozzá a kozmológia nagy kérdéseinek megválaszolásához, de a munka jelentős melléktermékeként segíthet megérteni a Tejútrendszer stabilitását.

A galaxisfejlődéssel foglalkozó kutatók régi gondja, hogy a spirálgalaxisok – a mi Tejútrendszerünk is – túl sok mozgási energiát tartalmaznak: mintegy tízszeresét annak a gravitációs kötési energiának, amit a látható objektumok tömegvonzása alapján becsülni lehet. Ha ez az energiamérleg valós lenne, értelmetlen, hogy miért maradtak együtt a galaxist alkotó csillagok, miért nem repültek szerteszét már régen. Az ellentmondás feloldására valamilyen sötét anyagot tételeznek fel, amit eddig műszereinkkel nem láttunk, és ezért nem számoltuk bele a galaxis össztömegébe¹³.

A Hubble-mélyvizsgálat felvételein talált halvány, kék, csillagszerű égitesteknek a különböző színekértartományokban készített képeken mért fényessége jó összhangban van azzal a feltevessel, hogy ezek tőlünk 1–2 kpc távolságban levő fehér törpék. Számos ilyen csillagot talált a halóbeli, kompakt gravitációs lencsék keresésével foglalkozó MACHO program is. A felvételeken mért látszó fényességből és a fehér törpék luminozitásából meghatározták a csillagok térbeli eloszlását. Ezt integrálva a Tejútrendszer egészére az adódott, hogy ezek a távoli, halvány fehér törpék a Tejútrendszer stabilizálásához szükséges tömegnek a felét tehetik ki. Tízszerszről tehát kétszeresre sikerült csökkenteni a tömeghiányt, ami – ha nem is oldja meg teljesen a problémát – nem lebecsülendő eredmény.

Barcza Szabolcs

Astrophysical Journal, 2000. 529, 911

Fekete lyukak galaxisok közepén

A Hubble-űrtávcső és a földi óriásteleszkópok segítségével egyre több galaxis magjában sikerült kimutatni hatalmas tömegű fekete lyukak létét. 2001 márciusáig 37 ilyen csillagrendszer ismeretes (ezek adatait a táblázatos rész végén található *Fekete lyukak galaxismagokban* című táblázat tartalmazza). A fekete lyukak tömegét akkor lehet pontosan meghatározni, ha megmérhető a körülöttük keringő csillagközi anyagfelhők, csillaghalmazok vagy egyedi csillagok pályamérete és sebessége.

Az eddigi vizsgálatok alapján az alábbi következtetéseket lehetett levonni:

12. *Csillagászati évkönyv* 1998, 152. o.; 2001, 204. o.

13. A sötét anyaggal kapcsolatban lásd a *Napjaink kozmológiája* című cikket.

1. A fekete lyuk tömege arányos a galaxiskorong központi dudorjának (bulge) fényteljesítményével (luminozitásával) és tömegével, de nincs kimutatható összefüggésben az egész korong fényességével. A fekete lyuk általában a dudor tömegének 1–2 ezreléke.
2. A fekete lyuk tömege arányos a dudoron belüli sebességek szórásával, vagyis azzal, hogy az ottani csillagok gravitációsan milyen erősen kötöttek egymáshoz.

Ezek alapján arra gondolhatunk, hogy a korong alakú galaxisok dudorjának vagy az elliptikus galaxisoknak a kialakulását ugyanazon tényezők befolyásolták, mint a központi fekete lyuk létrejöttét. A fekete lyuk a keletkezésekor és növekedésének fő fázisában fényes kvazárként ragyoghatott.

A. GHEZ és munkatársai 1995 óta vizsgálják a Tejútrendszer magjának, a *Sagittarius A* jelű rádióforrásnak a közvetlen környezetét. A felvételeket a 10 m-es Keck-távcsőre szerelt infravörös kamerával készítették. Speciális képfeldolgozás segítségével minden eddignél jobb felbontást értek el, és a mag körüli $0''.05$ -en belül (ami a 8000 pc-re lévő centrum 0.02 pc sugarú környezete) egyedi csillagok mozgását lehetett tanulmányozni. Három csillagnak nemcsak a sebességét ($500\text{--}1400$ km/s !), hanem néhány év alatt mutatott sebességváltozását, gyorsulását ($3\text{--}6$ milliomod km/s^2) is sikerült meghatározni. Így a Tejútrendszerünk magjában lévő fekete lyuk tömegére 2.6 ± 0.2 millió Nap-tömeg adódott.

Szatmáry Károly

Nature, 2000. szeptember;

astro-ph/0105230;

www.origo.hu/tudomany/real/000926bemertek.html

A Hubble-állandó közvetlen mérése

A Szunyajev–Zeldovics-hatás¹⁴ 1969-es felfedezése nagy érdeklődést keltett, mivel a módszer lehetővé teszi galaxishalmazok távolságának közvetlen meghatározását, mindenféle közbeiktatott másodlagos távolságindikátorok – cefeidák, planetáris ködök, gömbhalmazok, szupernóvák – nélkül.

A jelenség azon alapul, hogy a halmazok intergalaktikus forró plazmája módosítja a rajta áthaladó mikrohullámú kozmikus háttérsugárzást. Röntgenmérésekből ismert, hogy a galaxishalmazokat igen ritka és forró plazma tölti ki, amelyben nagy energiájú, relativisztikus sebességű elektronok találhatók. A mikrohullámú fotonok az *inverz Compton-effektus* miatt szóródnak ezeken az elektronokon, és emiatt megváltozik a háttérsugárzás spektrális eloszlá-

14. *Csillagászati évkönyv* 1996, 144. o.

sa, így az ebből meghatározható hőmérséklete. A galaxishalmazok irányában a földi észlelő ívperces szögskálán fellépő, 10^{-4} nagyságrendű hőmérséklet-ingadozást érzékel a háttérsugárzásban.

A Szunyajev–Zeldovics-hatás úgy használható távolságmérésre, hogy a halmaz röntgenspektrumából és a háttérsugárzás hőmérséklet-változásából megbecsülhető a halmaz valódi átmérője, és ezt összevetve a látszó átmérővel, megkaphatjuk a galaxishalmaz távolságát. A halmaz vöröseltolódásából a Hubble-törvényt felhasználva adatot kaphatunk a Hubble-állandóra is. A módszer legfontosabb előnye, hogy tisztán geometriai távolságmérésre vezet, ráadásul nagyon nagy hatótávolsággal (a kozmológiailag érdekes $z = 1$ vöröseltolódásig). Ezt azonban ellensúlyozza a legfőbb hátrány, hogy jelenleg még igen nagy a kiinduló adatok mérési hibája, ezért a távolságadat hibája 30–50% is lehet.

Az újabb röntgenműholdak (*Chandra*, *XMM*) jóvoltából a röntgenmérések egyre pontosabbak lesznek, és egyre részletesebben tudjuk értelmezni a háttérsugárzás ingadozásait is. Így a Szunyajev–Zeldovics-hatás immár valódi alternatívaként jelenik meg a Hubble-állandó meghatározásában. Megbízható eredményekhez természetesen nem egyedi galaxishalmazok vizsgálatával, hanem minél több galaxishalmaz adatainak statisztikus elemzésével juthatunk. 2000 végén amerikai kutatók egy 33 galaxishalmazból álló minta vizsgálatával a Hubble-állandóra $\Omega = 0.3$ relatív átlagsűrűséget feltételezve $H_0 = 60$ km/s/Mpc értéket, $\Omega = 1$ feltételezésével $H_0 = 58$ km/s/Mpc értéket kaptak, a közvetlen mérési hibát pedig mindössze $\pm 5\%$ -ra teszik. Ezek az értékek valamivel kisebbek, mint a jelenleg leginkább elfogadott ≈ 73 km/s/Mpc, de jelenleg még az egyéb mérési módszerek is jelentős hibát tartalmaznak. Természetesen eddig azonosítatlan szisztematikus hibák is bonyolíthatják a helyzetet, ám várhatóan még sokat fogunk hallani a Szunyajev–Zeldovics-hatásról és a segítségével származtatott kozmológiai következtetésekről.

Kiss László

Astrophysical Journal, 2000. augusztus.

Az Univerzum digitális térképe

A kozmológiában alapvető kérdés az objektumok térbeli eloszlásának pontos ismerete, de sajnos még a harmadik évezred kezdetén sincs megfelelően pontos háromdimenziós térképünk az Univerzum műszereinkkel belátható részéről. A helyzetet azonban a *Sloan Digitális Égboltfelmérés* (Sloan Digital Sky

Survey¹⁵, SDSS) a következő években gyökeresen megváltoztatja – és ebben magyar kutatóknak is kiemelkedő szerepük van.

2001. július 12-én SZALAY A. SÁNDOR, az ELTE és a baltimore-i (USA) Johns Hopkins egyetem professzora, a Digitális Égboltfelmérés egyik vezetője ismertette a kutatási program működését és eddigi eredményeit, amelyek máris lényeges hatással vannak a kozmológia elméleteire.

Az SDSS hét amerikai és egy japán kutatóintézet, illetve egyetem közös vállalkozása, ami egy évtizedes előkészítés után 2000-ben jutott el az adatgyűjtés fázisáig. A mintegy hat évig tartó mérésorozatban minden korábbinál részletesebben feltérképezik az északi égbolt nagy részét (kivéve a Tejút által takart sávot), összességében a teljes éggömb egynegyedét. (Időközben Ausztráliában megindult egy hasonló program a déli égbolt felmérésére.)

Az Apache Pointon álló (USA, Új-Mexikó állam), Ritchey–Chrétien-rendszerű távcsövet külön erre a célra tervezték. Főtükrenek átmérője 2.5 méter, fényereje $f/2.2$, a teljes optikai rendszer $f/5$ fényerejű. Jellemzője az igen nagy, több mint $3''$ -os látómező és a kis torzítású fókusz sík. A fókusz síkban 5 sorban és 6 oszlopban 30 darab 2048×2048 képelemből álló CCD-érzékelő végzi a képalkotást¹⁶. A távcső tesztelésének kezdetekor a világ csillagászai által használt összes CCD területének több mint a fele ebben a berendezésben üzemelt! Az öt CCD-sor mindegyike előtt más színszűrő van, így a berendezés 354 nm-től 925 nm-ig egyszerre öt színképi sávban képezi le az égboltot. Egy képelem $0''.4$ -nek, felel meg, ekkora tehát a rendszer fizikai felbontóképessége.

A berendezés különlegessége, hogy a CCD-k megvilágítása és kiolvasása egyidejűleg zajlik. Az elektronikus kiolvasást szolgáló jelléptetést szinkronizálták a Föld forgásával: a jelek kiolvasása olyan ütemben folyik, ahogyan az objektum képe elmozdul a CCD-detektoron. Ezáltal sokkal jobban kihasználható az észlelési idő.

A galaxisok színképét egy száloptikás spektroszkóppal veszik fel. A fókusz síkban minden észleléshez elhelyeznek egy fémlamezt, amelybe előzőleg apró lyukakat fúrtak az előre kiválasztott, vizsgálandó galaxisok képeinek helyén. A galaxisok fényét e lyukakba dugott üvegszálak viszik a spektroszkópba. Így egy felvételen akár 640 galaxis színképét is rögzíteni lehet. A tervek szerint 18 magnitúdó fényességig készülnek spektrumok, 45 perces expozícióval, egy éjszaka során akár több ezer galaxisról.

Az öt évre tervezett kutatási program első részében mintegy háromszázmillió csillagot és több millió galaxist figyelnek meg, kb. 23^m fényességhatárig. A rendszer későbbi feldolgozás céljára tárolja a beérkező nyers adatokat, de

15. ALFRED P. SLOAN a programot támogató amerikai mecénás neve.

16. Lásd *CCD-kamerák a csillagászatban* című cikkünket.

azonnali elemzést is készít. Minden adatot rögzítenek, és a későbbiekben CD-n és interneten hozzáférhetővé teszik azokat a tudományos közösség számára.

A program legfontosabb célja az, hogy kb. egymillió galaxis és százezer kvazár esetében a vöröseltolódást is megmérjék. A galaxisokra vonatkozó korábbi átfogó vizsgálatok mind más módszerrel, távcsővel és színszűrővel, különféle típusú fotólemezekre készültek, és egymással nehezen összevethető adatokat tartalmaznak. Ezzel szemben az SDSS egységes technikával, homogén adatfelvétel alapján készíti el az általunk belátható Univerzum jelentős részének háromdimenziós galaxistérképét.

A galaxisok eloszlásának távolságfüggését pontosan kimérve hamarosan egyértelműen választani lehet a versenyben lévő kozmológiai modellek közül. Emellett az adatok alapján meghatározható a kozmológiai elmélet számos olyan fontos paramétere (átlagos anyagsűrűség, a sötét anyag mennyisége, lassulási paraméter, kozmológiai állandó) is, amelyeknek értékét ma még csak igen nagy bizonytalansággal ismerjük¹⁷. Mint Szalay professzor mondta: „a kozmológia néhány éven belül elméleti spekulációk gyűjteményéből szilárd, adatokra támaszkodó természettudománnyá válik”.

A galaxistérképezés adatainak feldolgozása számos további kérdésre is választ adhat. A Világegyetem fejlődéséről, a galaxisok keletkezésének történetéről fontos információkat hordoz a galaxisok térbeli eloszlása. A galaxisok éggömbre vetített elhelyezkedése sem véletlenszerű: egy galaxistérképre pillantva finom szálak szerkezet látszik kirajzolódni. Régóta vita tárgya a struktúrák eredete, sőt többek számára a létezésük is. A háromdimenziós galaxistérkép elkészülte után megfelelően pontos adatok birtokában, a matematikai statisztika módszereivel vizsgálhatjuk a galaxisok eloszlásának sajátosságait.

Az SDSS nemcsak az alkalmazott észleléstechnika és a várható eredmények miatt érdemel külön figyelmet, hanem módszertani szempontból is új korszakot nyit a csillagászat történetében. Ezzel a kutatási programmal tört be a „Big Science” a csillagászatba. Számos kutatóhely, sok tudós és nagy létszámú kisegítő személyzet munkáját kell összehangolni, és azelőtt soha nem látott mennyiségű adat keletkezik a megfigyelések során. Ehhez hasonló nagyságrendű szervezési, fejlesztési és adatfeldolgozási feladatok korábban csak néhány speciális tudományterületen, például a részecskefizikában fordultak elő (talán nem véletlen, hogy a program vezetőinek jó része is a részecskefizika irányából érkezett). Az adatfeldolgozás előkészítésére és a szoftverek kifejlesztésére 2001 őszéig több mint 120 emberévnnyi munkaidőt fordítottak. A teljes nyers

17. Lásd a *Napjaink kozmológiája* című cikkünket.

adatmennyiség több mint 40 terabyte¹⁸ lesz, és 100 millió objektum képeit, adatait tartalmazza majd. A feldolgozás után 3 terabyte-nyira „zsugorodó”, adathalmazban a hatékony tájékozódáshoz kifejlesztett speciális szoftverekkel néhány perc alatt lehet egy-egy konkrét adatot kikeresni.

A programba sok kutatócsoport „dolgozott be”. Olyan módszereket fejlesztettek ki, olyan algoritmusokat írtak, amelyek a beérkező képek előzetes feldolgozásával azonnal sok adatot rögzítenek a vizsgált galaxisról. A szoftver a CCD-kép alapján automatikusan, emberi beavatkozás nélkül megállapítja a galaxis fényességét; típusba sorolja a galaxist; megszámlolja a spirális galaxisok karjait; meghatározza a galaxiskorong síkjának térbeli elhelyezkedését és számos további jellemzőt. Ezeket az adatokat a galaxis „nyers” CCD-képével együtt rögzítik, és további feldolgozás után a tudományos közösség rendelkezésére bocsátják. Az adatok első részletét 2001 nyarán már nyilvánosságra is hozták. Egy kutató megjegyzése szerint a csillagászoknak a következő évtizedben nem is lesz szükségük arra, hogy távcsőbe pillantsanak – számtalan megoldandó problémát (és a megoldáshoz hatalmas mennyiségű információt) találnak majd az SDSS adatbázisában, a „digitális égbolton”.

Az egész csillagászatot és a kozmológiát forradalmasító adatgyűjtésnek számos „mellékterméke” is lesz, sőt már eddig is több akadt. A jelenleg ismert legnagyobb vöröseltolódású galaxisok és kvazárok többségét az SDSS találta. 2001 őszén galaxisokra $z = 5.74$, kvazárokra $z = 6.2$ volt a vöröseltolódási rekord. Felfedezték a csillaggá fejlődés során megrekedt objektumok egy új fajtáját, a *metán törpéket*. Számos új kisbolygót fedeztek fel, és módszert dolgoztak ki a kisbolygók kémiai összetétel szerinti osztályozására. A kozmológiai elméletek szempontjából legfontosabbak azok az előzetes eredmények, melyek szerint a Világegyetem átlagos sűrűsége éppen a kritikus sűrűség ($\Omega = 1$), azaz a tér szerkezete euklideszi, az összes anyag relatív sűrűsége $\Omega_0 = 0.3$, és ebből a kozmológiai állandóra pozitív érték adódik ($\Omega_\Lambda = 0.7$).

Dávid Gyula

www.sloan.org.

18. 1 terabyte (TB) = 10^{12} (egybillió) byte – kb. egymillió kötetes könyvtárnak megfelelő adatmennyiség.

Mészáros Attila

Napjaink kozmológiája

A kozmológia a csillagászatnak az a része, amely a Világegyetem egészének térbeli szerkezetével és időbeli fejlődésével foglalkozik. Vizsgálja a csillagászati objektumok eloszlását a lehető legnagyobb távolságokon, és azok kialakulását, változásait a lehető leghosszabb időskálán. A kozmológia jelenleg a csillagászat egyik legérdekesebb, legnagyobb figyelmet keltő kutatási területe.

A 20. században a kozmológia elsősorban elméleti tudomány volt. Az utóbbi évtizedekben azonban hatalmas észlelési anyag gyűlt össze – és folyamatosan gyűlik napjainkban is –, ami lehetővé teszi, hogy a kozmológia ma már – a jól vagy rosszabbul megalapozott elméleti megfontolások helyett – nagymértékben a megfigyelésekre támaszkodjon.

Megfigyelések

Izotrópia

A kozmológia egyik legfontosabb kérdése az, hogy a Világegyetem anyageeloszlása és egyéb jellemzői *minden irányban* egyformának tekinthetők-e, vagyis *izotrop-e* az Univerzum. Kissé pontatlanul, de egyszerűen fogalmazva, az izotrópia azt jelenti, hogy a megfigyelő számára az egész megfigyelhető tér minden irányban „ugyanúgy néz ki”, a mérhető jellemzők értéke irányfüggetlen. Fontos kiemelni, hogy ha létezik *egyetlen* olyan pont, ahonnan a tér minden irányban „ugyanúgy néz ki”, akkor az *egész* teret izotropnak tekintjük.

Mivel a Földről végezzük a megfigyeléseket, valójában a Földhöz viszonyítva vizsgáljuk a különböző objektumok irány szerinti eloszlását az égbolton. A gyakorlatban a Tejútrendszer méretét és a galaxisok közötti jellemző távolságokat figyelembe véve az izotrópiát csak az 1 Mpc-nél távolabbi objektumok esetében van értelme vizsgálni. Természetesen gondolni kell arra is, hogy anizotrópiát okoznak a Földnek a Naprendszerben, a Naprendszerrel együtt a

A szerkesztés során a cikk szövegébe beépítettük Dávid Gyula és Taracsák Gábor kiegészítéseit.

Tejútrendszerben és azzal együtt a Lokális csoportban végzett *pekuliáris mozgásai*. Ezeket a hatásokat a megfigyelések során le kell vonnunk.

Az egyik lehetséges izotrópiateszt a következő. Felosztjuk az égboltot egyenlő nagyságú térszögekre („cellákra”). A megfigyelésekből meghatározzuk, hogy az egyes cellákban hány galaxis van. Ha a galaxisok izotrop eloszlásúak az égen, akkor minden cellában azonos számú galaxisnak kell lennie. Természetesen ez az ideális eset még az izotrop eloszlás esetén se valósul meg, hiszen véletlenszerű eloszlás esetén is fellép az egy cellában látható galaxisok számában egy statisztikus szórás, vagyis bizonyos cellákban több, másokban kevesebb galaxis lesz az átlagnál.

A matematikai statisztikának jól kidolgozott – ma már klasszikusnak mondható – módszerei vannak arra, hogy a megfigyelt eloszlásról eldönthessük, az eltérések statisztikus ingadozásnak tekinthetők, vagy tényleges anizotrópiát jeleznek. A kérdés a statisztika nyelvén így fogalmazható meg: izotrop eloszlás esetén mekkora valószínűséggel lehetnek a cellák között akkora eltérések, amekkorákat a megfigyelések során tapasztaltunk. Amennyiben ez a valószínűség kicsi (általában az 5%-ot szokták határnak tekinteni), akkor az izotrópia már kérdéses. A gyakorlati statisztikában ez a valószínűség sohasem lehet pontosan 0%, de ha 0.1% körül van, vagy ennél is kisebb, akkor az eloszlást anizotropnak tekinthetjük.

Az izotrópiára vonatkozó kijelentés szigorúan véve csak a számlálási cellák méretének szögszámításán érvényes. A módszerben a cellaszám – és ezáltal a cellaméret – változhat: nagyobb cellaszám esetén kisebb szögszámra vizsgáljuk az izotrópiát.

Természetesen nem csak ez az egyféle statisztikai teszt létezik, és az itt vázolt módszer is sokféle módon alkalmazható. Készíthetünk továbbá eloszlási statisztikát bizonyos speciális objektumokra: például egy meghatározott galaxistípusra, kvazárokra stb. Ha ismert vagy meghatározható az objektumok távolsága, akkor eloszlásukat akár egy kiválasztott távolságtartományra korlátozva is vizsgálhatjuk, kiválogatva azokat, amelyek a tőlünk mért $r_1 - r_2$ távolságok közé eső gömbhéjban találhatók.

Ilyen tesztekett csillagokra már a 19. században is végeztek, ezzel kezdődött a Tejútrendszer alakjának, méretének és a Naprendszer helyének a meghatározása. Az eredmény egyértelmű volt: a csillagok eloszlása az égen anizotrop, nem lehet a véletlen műve, hogy a Tejút irányában jóval több csillagot látunk. A csillagok és általában a galaktikus objektumok a Tejútrendszer fősíkjának irányában (pulzárok) vagy a Tejútrendszer középpontjának irányában (gömbhalmazok) mutatnak sűrűsödést. Ha tehát azt észleljük, hogy valamely objektumok nem izotrop eloszlásúak az égen, és koncentrálódnak a Tejútrendszer síkja vagy középpontja irányában, akkor távolságuk ismerete nélkül is valószínűsíthető róluk, hogy a Tejútrendszerhez tartoznak.

Extragalaktikus objektumokra eloszlásvizsgálatokat az 1920-as évektől végeznek. Ma már elmondható, hogy a galaxisok kb. 100 Mpc távolsáig bizonyosan anizotrop eloszlásúak, és elhelyezkedésükben különböző szerkezetek (galaxishalmazok, „Nagy Fal” stb.) ismerhetők fel. Nagyobb távolságoknál a galaxisokra és a kvazárokra (illetve általában az aktív galaxismagokra) az izotrop eloszlás feltételezése elfogadható. Ez az egyetlen mondatban összefoglalt eredmény valójában rengeteg – a rádióhullámoktól a gammasugárzásig terjedő tartományban végzett – megfigyelés tömör összegzése. Elmondható, hogy a Világegyetem 100–300 Mpc közötti távolságban izotropnak tekinthető, és nagyobb távolságokra sincs olyan megfigyelési eredmény, ami az anizotrópiát bizonyítaná.

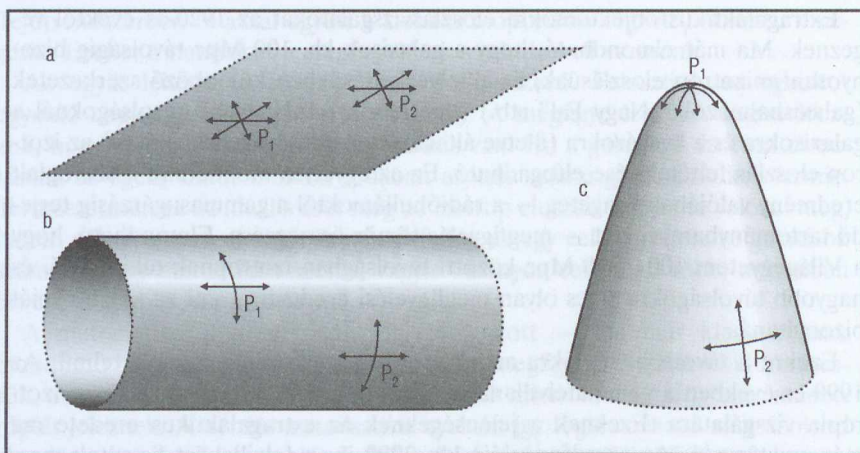
Ezekre a távolabbi régiókra azonban a helyzet korántsem egyértelmű. Az 1990-es években a gammafelvillanások¹ kutatásával új lehetőség nyílt az izotrópia vizsgálatára. Ezeknek a jelenségeknek az extragalaktikus eredete ma már nyilvánvaló. Az ezredfordulóig kb. 3000 ilyen felvillanást figyeltek meg. A statisztikus feldolgozás szempontjából rendkívül előnyös, hogy ezeket az adatokat lényegében egyetlen műhold egyetlen műszere gyűjtötte össze. Még fontosabb, hogy a felvillanások nem hiányoznak a Tejútrendszer síkjában sem.

A gammafelvillanások időtartamuk alapján három különböző csoportra oszthatók: rövidekre (< 2 s), közepesekre (2–10 s) és hosszúakra (> 10 s). A hosszú felvillanások esetében már elfogadott, hogy kibocsátó objektumuk távolsága sokkal nagyobb 300 Mpc-nál; a másik két alcsoportról viszont csak azt lehet tudni, hogy extragalaktikus távolságban vannak. Ma már bizonyosnak látszik, hogy legalább a közepes időtartamú csoport eloszlása anizotrop az égen. (Ezt először a szerző mutatta ki négy budapesti kollégájával együttműködve.) Ha ezeknek az objektumoknak a távolsága is több száz Mpc, mint a hosszú felvillanásokat kibocsátóké, akkor azt állíthatnánk, hogy (ezekre az objektumokra) sok száz Mpc-es skálán sincs meg az izotrópia. Ha viszont közelebb vannak, mint 100 Mpc, akkor az anizotrópia ténye összhangban lenne a galaxisok eloszlásával.

Homogenitás

A kozmológia második alapvető kérdése az, hogy a Világegyetem anyageloszlása és egyéb jellemzői *minden helyen* egyformának tekinthetők-e, vagyis *homogén-e* az Univerzum. Kissé pontatlanul fogalmazva, egy eloszlás a térben akkor homogén, ha a tér mérhető jellemzői (pl. az anyag sűrűsége) minden pontban „ugyanolyanok”, értékük nem függ a mérés helyétől.

1. Csillagászati évkönyv 1995, 134. o., 1996, 143. o., 1998, 150. o.



2.1. ábra. Homogenitás és izotrópia felületeken: a) síkfelület — homogén és izotrop; b) végtelen hengerfelület — homogén, de anizotrop; c) forgási paraboloid — izotrop, de inhomogén

A homogenitás teljesen más jelent, mint az izotrópia. Homogenitás lehetséges izotrópia nélkül, és fordítva is. A homogén, de anizotrop tér bizonyos pontjából végzett megfigyelések azt mutatják, hogy a tér a különböző irányokban „másképp néz ki”, de ha egy tetszőleges másik pontból vizsgáljuk a teret, ott megint pontosan ugyanilyen anizotrópiát észlelünk, vagyis a tér egyes pontjai egyenértékűek, de az irányok nem. Könnyen bebizonyítható az az állítás is, hogy ha létezik a térben legalább két különböző pont, ahonnan a tér izotropnak látszik, akkor a tér biztosan homogén is.

Lehetséges izotrop tér homogenitás nélkül. Az ilyen térben van egyetlen olyan pont, ahonnan izotrópiát észlelünk (az előző részben szerepelt, hogy ekkor az egész teret izotropnak tekintjük), más pontokból viszont nem, tehát a tér egyes pontjai nem egyenértékűek. Természetesen itt szó se lehet homogenitásról, hiszen valahonnan nézve a tér izotrop, más pontokból pedig nem.

Kétdimenziós példákat véve: homogén és izotrop a sík, vagy egy gömb felülete, mert minden pont és minden irány egyenértékű. Homogén, de anizotrop egy végtelen hengerfelület, mert a palást alkotójának irányában más a görbülete és a kiterjedése, mint arra merőlegesen, viszont a hengerfelület bármely pontjában ugyanezt tapasztaljuk. Izotrop, de inhomogén egy forgási paraboloid felület, mert van egy pontja, a forgástengely dőléspontja, ahonnan minden irány egyenértékű, viszont a felület többi pontjában ez már nem áll fenn. (2.1. ábra.)

A kozmológiai homogenitáteszteknel is figyelembe kell venni azt a tényt, hogy a megfigyeléseket a Földről végezzük. Homogenitás esetén például a sűrűségnek nyilvánvalóan nem szabad függenie a helytől. Az időtől éppen függhet, de bármely pillanatban, a tér minden helyén ugyanolyan sűrűséget kell tapasztalnunk. A kozmológiában a sűrűség jelentheti akár a galaxisok (vagy más objektumok) egységnyi térfogatban található „darabszámát” is.

Az egyszerűség kedvéért tegyük fel, hogy minden objektum ugyanolyan abszolút fényességű (ez a *standard gyertya* feltételezés) és ez a luminozítás nem függ a tőlünk mért távolságtól sem (ez az egyszerűsítő feltevés a kozmológiában nem teljesül szükségszerűen — erről a későbbiek során még lesz szó). Ekkor egy ilyen forrás sugárzásának megfigyelhető fényintenzitása (I) nyilvánvalóan csakis attól függ, hogy milyen messze van tőlünk. Minden irányba egyformán sugárzó forrás esetén az intenzitás fordítottan arányos az r távolság négyzetével: $I \propto r^{-2}$ ($\propto$ az arányosság jele).

Ha az r távolságban lévő objektumot I intenzitásúnak látjuk, akkor minden olyan objektum, amelyik I -nél fényesebbnek látszik, r -nél kisebb távolságra van tőlünk. Amennyiben az objektumok a térben egyenletesen oszlanak el, vagyis sűrűségük homogén, akkor ezeknek az r -nél közelebbi, azaz I -nél fényesebb forrásoknak a száma az r sugarú gömb térfogatával arányos:

$N_{(<r)} = N_{(>I)} \propto r^3 \propto (r^{-2})^{-3/2}$. Az I -nél fényesebb objektumok számát a nehezen meghatározható r távolság helyett célszerű a könnyen mérhető I intenzitás segítségével kifejezni, felhasználva a két mennyiség között az előbb felírt kapcsolatot.

$$N_{(>I)} \propto I^{-3/2}. \quad (1)$$

Vagyis homogén eloszlás esetén az I -nél fényesebb objektumok száma $I^{-3/2}$ -dik hatványával arányos: ezt nevezik *másfeles tesztnek*. Ha egy objektumfajtára ez a másfeles teszt fennáll, akkor az objektum (a vizsgálható távolságtartományban) homogén eloszlású. A gyakorlatban úgy végzik a vizsgálatot, hogy I különböző értékeire összehasonlítják az I -nél fényesebbnek észlelt extragalaktikus objektumok számát a másfeles tesztből elméletileg várt értékkel.

A csillagászati objektumok esetében az intenzitás helyett a magnitúdóban mért látszó fényességet szokás megadni: $m = -2.5 \lg I + A_1$, ahol az A_1 a mérés körülményeitől és a mértékegység megválasztásától függő állandó. (A képletek egyszerűbbé, áttekinthetőbbé tétele érdekében a cikk további részében is használni fogjuk az A_n jelölést olyan állandók helyén, amelyek konkrét számértéke a gondolatmenet szempontjából nem lényeges.) A másfeles teszt kifejezését is írjuk át logaritmusokra: $\lg N_{(>I)} = -1.5 \lg I + A_2$, majd az m magnitúdónál fényesebb objektumok számát fejezzük ki a magnitúdó segítségével:

$$\lg N_{(<m)} = 0.6 m + A_3. \quad (2)$$

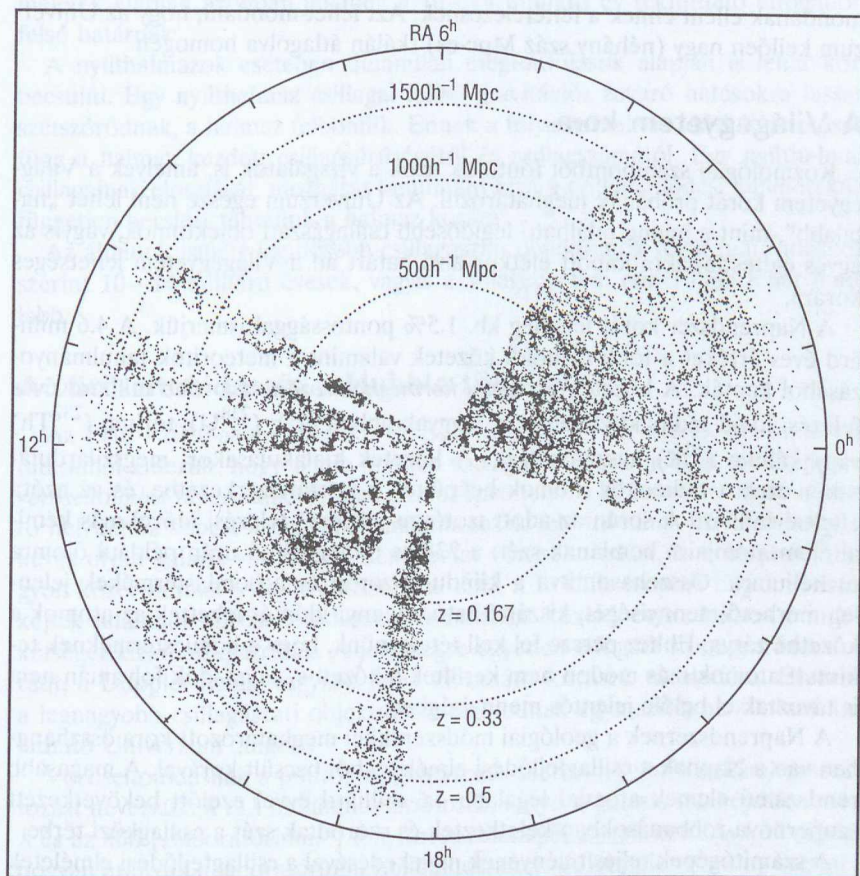
A magnitúdóértékeket használva tehát *0.6 magnitúdós teszt*ről beszélhetünk, ami egyenértékű a másfeles tesztel. A 0.6 magnitúdós tesztet már a 19. században is alkalmazták annak bizonyítására, hogy a csillagok eloszlása a Tejútrendszerben nem homogén. Természetesen ezeken kívül más homogenitásteresztkek is használatosak.

A gyakorlatban a standard gyertya feltevés természetesen nem használható, hiszen a vizsgált objektumok általában nem egyforma abszolút fényességűek. A mérések során azonban erre a feltevésre nincs is szükség. Az egész gondolatmenet egyenként megismételhető az objektumok minden $I_1 - I_2$ (vagy $m_1 - m_2$) közötti fényességű alosztályára, és homogenitás esetén ezek mindegyikére igaz a másfeles teszt, csak az arányossági állandó lesz más.

Röviden összefoglalva a rengeteg megfigyelési anyagot, azt láthatjuk, hogy nagyjából 100 Mpc távolságig néha teljesül a másfeles teszt, de az extragalaktikus objektumoknál inkább az a jellemző, hogy ezek a tesztek ritkán adják vissza a $-3/2$ kitevőt. A több száz Mpc-re lévő objektumoknál pedig általában a nagyobb kitevő (-1 körüli érték) a jellemző. A legfényesebb extragalaktikus rádióforrások esetén a kitevő kisebb (abszolút értékben nagyobb), mint $-3/2$, a halványabbaknál pedig ellentétes irányú eltérést tapasztalunk. A rövid időtartamú gammafelvillanásoknál a másfeles kitevő érvényes.

Azt is meg kell említeni, hogy a fejlődési folyamatok jelentős szerepet játszhatnak mindenféle homogenitásteresztnél. A fény véges sebessége miatt a távoli objektumokat abban az állapotban látjuk, amiben akkor voltak, amikor elindult róluk a most hozzánk érkező fény. Ha a távolságot parszek helyett fényévben fejezzük ki ($1 \text{ pc} = 3.262 \text{ fényév}$), a térbeli távolság egyben az időbeli „távolságot” is megadja. Egy egymilliárd fényév (kb. 300 Mpc) távolságban lévő objektumot olyannak látunk, amilyen egymilliárd évvel ezelőtt volt. A galaxisok, kvazárok, rádióforrások is fejlődnek, és hosszabb időskálán változik a luminozitásuk. Ennek megfelelően tehát általában nem teljesül az a feltételezés, hogy az objektum abszolút fényessége nem függ a távolságtól. A múltbeli luminozitás teljesen más lehetett, mint a mai. Ha tehát egy objektumfajtára nem teljesül a másfeles teszt, az nem zárja ki teljes bizonyossággal a homogén eloszlásukat, hiszen az eltérést fejlődési hatások is okozhatják.

Egyéb megfigyeléseket is figyelembe véve elmondható, hogy kisebb távolságoknál (kb. 100–300 Mpc-ig) ma már bizonyos, hogy a galaxisok és ezek halmazai különböző térbeli alakzatokat (szuperhalmazokat, filamenteket) alkotnak (2.2. ábra). Ezeknél a távolságoknál szó sem lehet a homogenitás teljesüléséről. A Tejútrendszer az M31 galaxissal és még néhány tucat kisebb galaxissal alkotja a *Lokális csoportot*, amelynek kb. 2 Mpc a kiterjedése. A Lokális csoport része a Szűz csillagkép irányában lévő *Lokális szuperhalmaznak*, melynek a legnagyobb tagja Virgo-halmaz. Ennek a szuperhalmaznak a mérete 10–20 Mpc. A Virgo-halmaz távolsága 20 Mpc, de mérések hibája



2.2. ábra. A galaxisok eloszlása az égi egyenlítő síkjának közelében, a Sloan Digitális Égboltfelmérés (SDSS) részeredményei alapján

akár 50% is lehet. A 100–300 Mpc távolságtartományban több ilyen szuperhalmazt ismerünk, és ezek egymással érintkezve bizarr alakzatokat alkotnak. Hogy mekkora kiterjedésig léteznek efféle alakzatok, az bizonytalan. Vannak olyan kutatók, akik 400–500 Mpc-es struktúrákat is kimutatni vélnek².

Mindez azt jelenti, hogy a néhány száz Mpc-es méretek alatt a megfigyelések nem támasztják alá a homogenitást. Nagyobb skálán azonban már nem

2. Az Univerzum digitális térképe című hír ebben a kötetben.

mondanak ellent ennek a feltételezésnek. Azt lehet mondani, hogy az Univerzum kellően nagy (néhány száz Mpc-es) skálán átlagolva homogén.

A Világegyetem kora

Kozmológiai szempontból fontosak azok a vizsgálatok is, amelyek a Világegyetem korát próbálják meghatározni. Az Univerzum egésze nem lehet „fiatalabb”, mint a benne található legidősebb csillagászati objektumok, vagyis az egyes égitestfajtákra kapott életkor alsó határt ad a Világegyetem lehetséges korára.

A Naprendszer korát jelenleg kb. 1.5% pontossággal ismerjük. A 4.6 milliárd éves értéket a földi és holdi kőzetek valamint a meteoritok tanulmányozásából kapták. A kőzetek *geológiai kormeghatározására* a több milliárd éves felezési idejű radioaktív izotópok, leggyakrabban urán (^{238}U), tórium (^{232}Th) vagy kálium (^{40}K) használatosak. A kőzetek kialakulásakor, megszilárdulásakor ezek a radioaktív atomok beépültek a kristályszerkezetbe, és az azóta eltelt évmilliárdok során az adott izotópra jellemző felezési idővel más kémiai elem atomjaira bomlanak szét: a 238-as tömegszámú urán például ólomra és héliumra. Összehasonlítva a kiinduló izotóp és a bomlástermékek jelenleg mérhető mennyiségét, kiszámítható, mennyi időn át lehettek az atomok a kőzetbe zárva. Ehhez persze fel kell tételeznünk, hogy a bomlástermékek tekintett atomok más módon nem kerültek a kőzetbe, és az idők folyamán nem is távoztak el belőle jelentős mennyiségben.

A Naprendszernek a geológiai módszerekkel meghatározott kora összhangban van a Napnak a csillagfejlődési elméletekből becsült korával. A magasabb rendszámú elemek atomjai legalább 4.6 milliárd évvel ezelőtt bekövetkezett szupernóva-robbanásokban keletkeztek és szóródtak szét a csillagközi térbe.

A számítógépek teljesítményének növekedésével a csillagfejlődési elméletek is megbízhatóbbakká váltak. Az elméletek felhasználásával egyre pontosabban becsülhető a csillagfejlődés végállapotában található objektumok, a fehér törpék és a neutroncsillagok kora is. A csillagfejlődés időskáláját elsődlegesen a csillag tömege határozza meg. Ha tudunk valamilyen közvetett mérést vagy becslést végezni ilyen végállapotban lévő csillagok tömegére, akkor az elméletekkel összevetve adatot kaphatunk a korukra is.

A csillaghalmazokról feltételezzük, hogy csillagaik többsége nagyjából egy időben keletkezett. Ezért egy halmaz esetében statisztikai mennyiségű csillagra alkalmazhatjuk a fejlődési elméletek következtetéseit. A vizsgálatok azt mutatták, hogy Tejútrendszerünk – és általában a galaxisok – legöregebb objektumai a gömbhalmazok. A kilencvenes évek elején a legidősebb gömbhalmazok korát 15–18 milliárd évre becsülték [6.], a pontosított fejlődési el-

méletek alapján azonban jelenleg a 10–14 milliárd év tekinthető elfogadott felső határnak³.

A nyílthalmazok esetében dinamikai megfontolások alapján is lehet kort becsülni. Egy nyílthalmaz csillagai külső gravitációs zavaró hatásokra lassan szétszóródnak, a halmaz felbomlik. Ennek a folyamatnak az időskálája erősen függ a halmaz kezdeti csillagsűrűségétől és csillagszámától. Egy nyílthalmaz csillagainak eloszlását, mozgását tanulmányozva a csillagfejlődési elméletektől független becslést tehetünk a halmaz korára.

Az általunk ismert legidősebb csillagászati objektumok tehát mai tudásunk szerint 10–14 milliárd évesek, vagyis a Világegyetem ennél nem lehet fiatalabb.

A vöröseltolódás és a Hubble-törvény

Az 1910–1920-as években E. C. SLIPHER, C. WIRTZ és E. HUBBLE kutatásaiból kiderült, hogy szinte minden extragalaktikus objektum színképében vöröseltolódás tapasztalható, azaz a színképvonalak a laboratóriumban mérhető helyükhöz képest a nagyobb hullámhosszak felé tolódnak el. Csak nagyon kevés olyan galaxis van, amely nem mutat vöröseltolódást, és a kivételek nagyon közel vannak a Tejútrendszerhez: ezek a Lokális csoport tagjai. A színképek általános vöröseltolódását a felfedezést követő évtizedekben minden kétséget kizáróan igazolták. A jelenségre egyetlen elfogadott magyarázat maradt, a Doppler-hatás, vagyis a fényt kibocsátó források távolodása. Eszerint a legnagyobb csillagászati objektumok távolodnak egymástól, az általunk belátható Univerzum „tágul”.

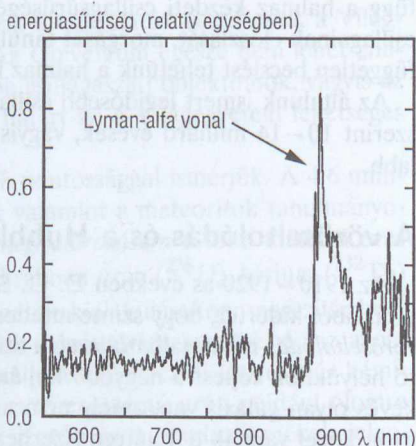
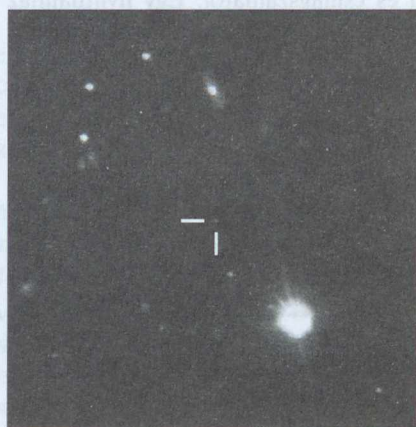
Vöröseltolódásnak a pontos meghatározás szerint a relatív hullámhosszváltozást nevezzük: a $\Delta\lambda$ hullámhosszváltozás, vagyis a galaxis színképében mért λ és az álló („laboratóriumi”) fényforrás színképében mérhető λ_0 különbsége hogyan aránylik a laboratóriumi hullámhosszhoz. A Doppler-törvény szerint a vöröseltolódás kis sebességekre arányos a forrás hozzánk viszonyított v sebességével. A kozmológiában szokásos vöröseltolódások esetében azonban már a speciális relativitáselméletet figyelembe véve kell megadni a fényforrás sebességével fennálló kapcsolatot (c a fénysebesség)

$$z = \frac{\lambda - \lambda_0}{\lambda_0} = \frac{\Delta\lambda}{\lambda_0} = \sqrt{\frac{c+v}{c-v}} - 1 \quad \text{kis sebességekre} \quad \approx \frac{v}{c}. \quad (3)$$

Az utóbbi évtizedben egyre nagyobb vöröseltolódású objektumokat találtak a csillagászok. 2001 őszén a galaxisokra $z = 5.74$, kvazárokra $z = 6.2$ volt

3. Csillagászati évkönyv 1997, 143. o.; 1999, 177. o.

a vöröseltolódási – és ennek megfelelően a távolsági – rekord (2.3. ábra). Vannak olyan indirekt, de megfigyeléseken alapuló következtetések is, hogy bizonyos gammafelvillanások akár $z = 20$ -ig is észlelhetők lehetnek. Ezt a nézetet a szerző és Amerikában dolgozó magyar kollégája, MÉSZÁROS PÉTER fogalmazta meg 1996-ban.



2.3. ábra. A $z = 6.2$ vöröseltolódású kvazár képe (Sloan Digitális Égboltfelmérés felvétel), és színekének intenzitásgörbéje (Apache Point Observatórium). A Lyman-alfa vonal eredeti hullámhossza 121.6 nm

Az 1930-as években Hubble azt is megvizsgálta, hogy a galaxisok távolodása hogyan befolyásolja a homogenitás ellenőrzésére szolgáló (2) összefüggést, a 0.6 magnitúdós tesztet. Egy foton energiája ugyanis fordítottan arányos a hullámhosszával: $E = hc/\lambda$ (h a Planck-állandó), vagyis egy távolodó galaxist nem csak vörösebbnek, hanem halványabbnak is érzékelünk, mint egy azonos luminozitású, ugyanakkora távolságban lévő, de álló galaxist. A vizsgálatok eredményeként megállapította, hogy a galaxisok vöröseltolódása szoros összefüggést mutat látszó fényességükkel.

$$\lg z = a m + A_4. \quad (4)$$

Az a arányossági együttható a megfigyelésekből 0.2-nek adódott. Legyen az m látszó fényességű galaxis abszolút fényessége M . Az abszolút fényesség jól ismert definíciójából $m = M + 5 \lg r - 5$,

$$\lg z = a(M - 5) + A_4 + a \cdot 5 \lg r,$$

$$z = 10^{a(M-5)+A_4} \cdot 10^{a \cdot 5 \lg r},$$

$$z = A_5 \cdot r^{a \cdot 5}.$$

Minthogy az a együttható 0.2, a távolság kitevője éppen egy. Ez azt jelenti, hogy Hubble a galaxisok vöröseltolódása és távolsága között lineáris kapcsolatot, egyenes arányosságot talált. Minél távolabb van egy galaxis, annál nagyobb a vöröseltolódása. Fontos megjegyezni, hogy ha az a értéke más lenne, ez az egyszerű egyenes arányosság nem állna fenn. A kozmológiában r távolságot Mpc-ben szokás mérni, és az arányossági tényezőt ennek megfelelően kell meghatározni. A híres *Hubble-törvény* tehát a következőképpen írható fel:

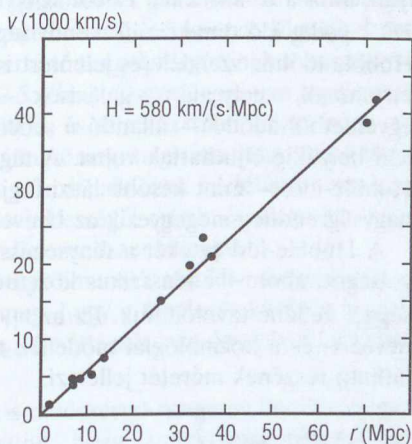
$$z = \frac{H}{c} r. \quad (5)$$

Hubble óta ezt az összefüggést sokszor és egyre nagyobb pontossággal igazolták. A galaxisokra ma már $25^m - 28^m$ vizuális fényességhatárt is elérnek. Az $a = 0.2$ érték mindenképpen helytálló.

A fénysebességnél sokkal kisebb sebességek esetén a (3) összefüggés alapján $z = v/c$,

$$v = H r. \quad (6)$$

A Hubble-törvénynek ez a közismert alakja. Vagyis a nem túl távoli galaxisok esetében a Hubble-törvény úgy is fogalmazható, hogy a távolodási sebesség arányos a távolsággal (2.4. ábra). A közeli galaxisokra (köztük a Hubble által 1929-ben vizsgáltakra) ez valóban teljesül. A nem relativisztikus közelítésből az következne, hogy a $z = 1$ vöröseltolódású objektum éppen fénysebességgel távolodik. Valójában azonban az egységnyi vöröseltolódás „csak” $v = 0.6c$ sebességnek felel meg. A mai műszerekkel észlelhető objektumok vöröseltolódása jóval meghaladja az egyet. A (3) képlet klasszikus közelítése alapján arra a fizikailag lehetetlen eredményre jutnánk, hogy az objektum a fénynél gyorsabban mozog. Természetesen nem erről van szó, hanem a galaxisokat magában foglaló tér tágulásáról. Mivel a (6) képlet nagy sebességekre



2.4. ábra. A galaxisok távolodására vonatkozó kezdeti mérések egyike, amely a jelenleginél csaknem egy nagyságrenddel nagyobb Hubble-állandót eredményezett

és így kozmológiai távolságokra már nem igaz, a cikk további részében az (5) összefüggést fogjuk használni.

A H a *Hubble-állandó*, mértékegysége $\text{km}/(\text{s} \cdot \text{Mpc})$. Ha ismerjük a Hubble-állandó értékét, akkor a Hubble-törvényt viszonylag egyszerű távolságmérési módszerként lehet használni a legnagyobb távolságokig. A Hubble-törvényt egyéb extragalaktikus távolságmérési eljárások segítségével lehet kalibrálni. A Hubble-állandó értékében még mindig elég nagy a bizonytalanság. Az utóbbi években közreadott értékek azonban mind $50\text{--}75 \text{ km}/(\text{s} \cdot \text{Mpc})$ közöttiek. A jelenleg legelfogadottabb érték $73 \pm 8 \text{ km}/(\text{s} \cdot \text{Mpc})$, a hiba tehát mintegy 12%. A kozmológiában a formulák egyszerűbbé és szemléletesebbé tételére a Hubble-állandó helyett a $h = H/(100 \text{ km}/(\text{s} \cdot \text{Mpc}))$ állandót szokás használni. Látható, hogy h egy dimenzió nélküli, egynél kisebb szám, értéke a Hubble-állandó elfogadott értékétől függően $0.5\text{--}0.8$ körüli. A h paraméter használatával a képletekben a Hubble-állandó értékének pontatlan ismerete ellenére is jó nagyságrendi becsléseket kapunk. (Ez a paraméter nem tévesztendő össze a kvantummechanikában használt Planck-állandóval, aminek szintén h a szokásos jele!)

A Hubble-állandó mértékegységében a Mpc átszámolható km-re , és a törtet egyszerűsítve nyilvánvalóvá válik, hogy a H dimenziója s^{-1} , vagyis ugyanolyan, mint a frekvenciáé. Ebből következik, hogy a Hubble-állandó reciproka, H^{-1} pedig idő dimenziójú mennyiség, ezt *Hubble-időnek* szokták nevezni. A Hubble-időhöz szemléletes jelentést is kapcsolhatunk: tekinthetjük olyan időtartamnak, amely alatt a galaxisok — a klasszikus fizikai közelítést leíró (6) egyenletből adódó — állandó v sebességgel egy közös kezdőpontról a jelenlegi helyükig eljuthattak volna. A tágulás természetesen nem így zajlik, de a Hubble-idő — mint később látni fogjuk — a legtöbb kozmológiai modellben nagyságrendileg megegyezik az Univerzum életkorával.

A Hubble-idő értékét a fénysebességgel megszorozva megkapjuk azt a távolságot, ahol — a klasszikus közelítésben — a galaxisoknak már fénysebességgel kellene távolodniuk. Ez az $r_H = c \cdot H^{-1}$ távolságot *Hubble-sugárnak* nevezik, és a kozmológiai modellek többségében az Univerzum általunk belátható részének méretét jellemzi.

Az átlagsűrűség

A galaxisok távolodásának, a Világegyetem tágulásának felfedezése azonnal felvetette azt a kérdést, vajon a tágulás módja változik-e az idő múlásával. A klasszikus fizika fogalmait használva az egymástól távolodó galaxisoknak nő a helyzeti energiájuk egymás gravitációs terében. Az összenergia megmaradását feltételezve eközben a mozgási energiájuknak — vagyis a tágulás sebességének

— viszont csökkennie kell. Hasonlóan ahhoz, ahogyan a fedobott kő helyzeti és mozgási energiája változik felfelé haladás közben. Hogyan lassul a tágulás, és megáll-e valamikor? Ez az Univerzumban lévő vonzó anyag mennyiségétől, átlagsűrűségétől függ. Kiszámolható, hogy mekkora az a ρ_k *kritikus sűrűség*, ami mellett éppen végtelen idő alatt áll le a tágulás. Ennél kisebb sűrűség esetén a galaxisok sebessége végtelen idő alatt sem válna nullává; ennél nagyobb sűrűség pedig kozmológiai tartamú, de véges idő alatt megállítaná és összehúzódnásba fordítaná a tágulást. A kritikus sűrűség értéke kapcsolatban van a Hubble-állandóval: $\rho_k = 3H^2/(8\pi G) = 1.88 h^2 \cdot 10^{-29} \text{ g/cm}^3$, ahol G a gravitációs állandó.

A kritikus sűrűségnek az itt leírt, kitüntetett szerepe csak a legegyszerűbb kozmológiai modellekben áll fenn. Más modellekben, amelyekben a kozmológiai állandó nem nulla, nem ilyen egyszerű a helyzet, de a Hubble-állandó mért értékéből és az univerzális fizikai állandókból kiszámítható kritikus sűrűség ekkor is segít a modell és a megfigyelések összehasonlításában.

A Világegyetem ρ átlagsűrűségét akkor tudjuk kiszámolni, ha ismerjük az extragalaktikus objektumok térfogategységenkénti darabszámát (hány galaxis van mondjuk egy köbmegaparszekben), és van adatunk ezeknek az objektumoknak az átlagos tömegére is. A „darabszámsűrűségről” a homogenitás fogalmának tárgyalásakor már volt szó. A galaxisok és galaxishalmazok tömegének meghatározására pedig jól kidolgozott becslési módszerek állnak rendelkezésre. Ha egy galaxis színekéből kimérhető tengelyforgásának sebességgörbéje, ebből meghatározható a tömege (2.5. ábra). Összefüggés van a galaxisok abszolút összfényessége és tömege között is, és ez statisztikai mennyiségű objektum esetén elfogadható pontosságú átlagtömeg-meghatározást tesz lehetővé. A kettős és többszörös galaxisok és galaxishalmazok esetében a rendszer egyes tagjainak az egymáshoz viszonyított sebességét mérik, és dinamikai megfontolások alapján ebből becsülhető a teljes rendszer tömege.

A kozmológiában a sűrűség helyett egy dimenzió nélküli mennyiséget, az *ómerát* szokás használni, ami azt adja meg, hogy a tényleges sűrűség hogyan arányul a kritikus sűrűséghez: $\Omega = \rho/\rho_k$. Az átlagsűrűség ómegával kifejezve: $\rho = 1.88 \cdot 10^{-29} h^2 \Omega \text{ g/cm}^3$.

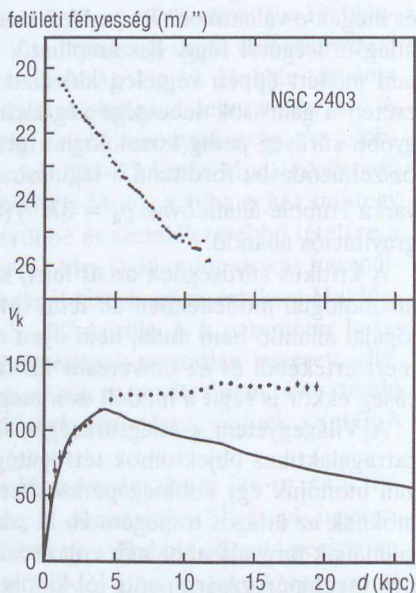
Az Univerzum átlagsűrűségére számos módszerrel rengeteg becslést végeztek már. Ezeket összefoglalva elmondhatjuk, hogy az elektromágneses spektrum teljes tartományában sugárzó („világító”) anyag átlagsűrűsége nagyjából $\simeq 2 \cdot 10^{-31} \text{ g/cm}^3$, vagyis $\Omega_v \simeq 0.02$. A v index arra utal, hogy itt kizárólag a világító anyagról van szó.

Számos megfigyelés utal azonban arra, hogy a világító anyag mellett jelentős mennyiségű sötét (tehát semmiféle elektromágneses hullámot ki nem bocsátó)

anyag is van a galaxisok belsejében, illetve a galaxishalmazok galaxisai közötti térben⁴.

Ez a *sötét anyag* csakis a gravitációs hatásai alapján vehető észre (pl. a galaxisok forgásából, galaxishalmazok tagjainak mozgásából számolt tömeg sokkal nagyobb, mint a fénykibocsátásuk alapján megállapítható tömeg). A vizsgálatok azt mutatják, hogy ennek a sötét anyagnak a tömege akár hússzor nagyobb lehet, mint a világító anyagé. A sötét anyag mibenlétére egyelőre inkább feltevések vannak, mint megfigyelések. Lehetséges alkotórészeiként szóba kerülhetnek a barna törpecsillagok⁵, neutroncsillagok, fekete lyukak és a neutrínók, de léteznek egészen különleges elképzelések is. A megfigyelések szerint a sötét anyagnak mintegy 10%-a magyarázható meg a barionos anyagú barna törpékkel. Az Univerzum anyagának 90–95%-a sötét, és csak a többi világít. Ennek alapján⁶ $\Omega_0 \simeq 0.3$. Az Ω index azt jelzi, hogy itt az összes anyagot figyelembe vesszük.

A részecskefizikusok az atommagokat alkotó protont és neutron – sok más egzotikus elemi részecskével együtt – *barionnak* nevezik⁷. A túlnyomórészt protonokból és neutronokból álló anyagra a továbbiakban *barionos* vagy *nemrelativisztikus anyag* elnevezést



2.5. ábra. A galaxisok felületi fényességéből (fent) becsült tömegeloszlás (folyamatos vonal lent) kisebb tömeget jelez, mint ami a galaxis rotációjából következne (mérési pontok lent)

4. Csillagászati évkönyv 1995, 140. o.; 1997, 146. o.

5. Csillagászati évkönyv 1995, 154. o.; 1996, 140. o.

6. Az Univerzum digitális térképe című hír ebben a kötetben.

7. A barionok az elemi részecskék egyik családját alkotják, három kvarkból vagy három antikvarkból állnak. Legismertebb és (közönséges körülmények között) legstabilabb képviselőik a proton és a neutron. Az elemi részecskéket a részecskefizika kezdetén tömegük szerint csoportosították: *foton*, *leptonok*, *mezonok*, *barionok*. Az elnevezések a görög *fény*, *könnyű*, *közepes* és *nehéz* szavakból származnak. Az atommagokat is összetartó erős kölcsönhatásban ezek közül csak a mezonok és a barionok vesznek részt, ezeket együtt *hadronoknak* nevezik. A leptonok közé tartoznak a neutrínók, a müon, az elektron és a pozitron.

fogjuk használni. Az utóbbi elnevezés arra utal, hogy a Világegyetem történetének általunk vizsgált korszakában a barionok hőmozgásból adódó sebessége jelentősen kisebb a fénysebességnél, ezért mozgásuk leírására a nemrelativisztikus fizikát lehet alkalmazni. Az Univerzum legkorábbi, rendkívül magas hőmérsékletű korszakaiban persze a barionok is a fénysebességgel összemérhető, relativisztikus sebességgel mozogtak, és akkor a barionos anyag is relativisztikus volt. A későbbi korokban – és jelenleg is – a *relativisztikus anyag* egyetlen ismert képviselője a fotonokból álló kozmikus háttérsugárzás, hiszen a fotonok mindig fénysebességgel mozognak.

A proton és a neutron tömege három jegyre egyforma: $1.67 \cdot 10^{-24}$ g, az elektron tömege pedig ilyen pontosság mellett elhanyagolható. Ennek alapján az átlagsűrűségből kiszámolható, hogy a világító anyagot egyenletesen szétosztva a térben nagyjából tíz köbméterben lenne egy barion. Ha a sötét anyag is nagyrészt hidrogén volna, akkor ez a részecskesűrűség egy nagyságrenddel nagyobb lenne. Az átlagos barionsűrűség Ω_B és h segítségével is felírható: $n_B = 1.1 \cdot 10^{-5} \Omega_B h^2 \text{cm}^{-3}$. A B index a barionokra utal.

Az ómegára kapott érték azonban két okból is bizonytalan. Egyrészt azért, mert nagy a mérési hibája azoknak a megfigyelési módszereknek, amelyeket az átlagsűrűség meghatározására használnak. Másrészt azért, mert az ómega a h -n keresztül a Hubble-állandótól is függ, amit szintén elég nagy hibával ismerünk. Az ebből eredő bizonytalanság $h^2 \simeq (0.25 - 0.60)$ miatt egy kettes szorzó is lehet, ezért $\Omega_0 h^2 \simeq (0.1 - 0.2)$. A megfigyelések szerint az $\Omega_0 = 1$ érték még nem zárható ki teljesen, de nagyon valószínűtlen.

A mérések szerint elmondható tehát, hogy az Univerzum átlagsűrűsége kisebb a kritikusról, számértéke $\approx 3 \cdot 10^{-30} \text{ g/cm}^3$, de ebből csak 5–10% a világító anyag.

A kozmológiai állandó

Amikor Einstein megvizsgálta a gravitációs alapegyenletek lehetséges megoldásait, arra a megállapításra jutott, hogy ezek között nincs ott a korában elfogadott csillagászati világképnek megfelelő, statikus, időben és térben állandó sűrűségű világegyetem. Abban az időben még nem gondolták, hogy a Világegyetem egészében változik (ez a gondolat csak a vöröseltolódás felfedezése után nyert polgárjogot), ezért Einstein a statikus megoldás elérésére beírt a gravitációs hatást megadó egyenletbe egy olyan állandót, ami általános taszítóerőt eredményez. Ez a *kozmológiai állandó*, a Λ , amit szokásos betűjele alapján a *lambda* néven is emlegetnek. A kozmológiai állandóval megadott taszítóerőnek éppen ki kellett volna egyenlítenie a galaxisok között ható vonzóerőt, hogy azok egy helyben maradjanak. Az új állandóhoz persze semmi-

féle fizikai képet, létező forrást, okot nem lehetett kapcsolni. Az igazi gondot azonban nem ez okozta, hanem az, hogy az így kapott megoldások instabilak voltak. Ha a gravitáció és kozmológiai állandó kényes erőegyensúlyát valami helyi zavar felborítja, az egész modell-világegyetem összeomlik vagy szétrepül. Az Univerzum tágulásának felfedezése után Einstein a lambda bevezetését élete legnagyobb tévedésének nevezte.

Voltak azonban, akik továbbra is kutatták a kozmológiai állandót tartalmazó megoldásokat és modelleket. A kérdés tehát már vagy nyolc évtized óta kísért, és a tudomány éppen a legutóbbi években jutott el oda, hogy a lambda értékét már csillagászati megfigyelésekből is lehet becsülni.

Bármekkorának feltételezzük is a kozmológiai állandó értékét, megadhatunk hozzá egy olyan elméleti tömegsűrűséget, amely pontosan ellensúlyozná a lambda taszító hatását. (Negatív lambda esetén persze taszító hatású képzeletbeli anyagot kell számításba venni.) Ehhez a képzeletbeli sűrűséghez pedig ugyanúgy kiszámítható az $\Omega_\Lambda = \Lambda c^2 / (3H^2)$ relatív sűrűségérték, mint a Világegyetemben található „valódi” anyag sűrűségéhez.

Ha a kozmológiai állandó nem nulla, akkor csak igen nagy távolságokon játszhat kimutatható szerepet. Az eddigi megfigyeléseket összefoglalva elmondható, hogy ez a távolság nem lehet lényegesen kisebb az 1000 Mpc nagyságrendnél. Másként mondva kizárható, hogy $|\Omega_\Lambda| \gg 1$. A lambda meghatározásához azt kell vizsgálni, hogy a nagyon távoli galaxisok távolodása ugyanazt a szabályt követi-e, mint a közelebbieké. Erre viszont olyan távolságmérési módszer kell, amelynek a pontosságát nem rontják fejlődési hatások. A csillagfejlődési modellekből arra a következtetésre lehetett jutni, hogy az Ia típusú szupernóva-robbanás során felszabaduló energia — és így a szupernóva abszolút fényessége — jól meghatározható érték. Ez a fényesség az évmilliárdokkal ezelőtti galaxisokban is ugyanannyi volt, mint ma, tehát az erre alapozott távolságmérés nagy távolságokig megbízható. Eddig mintegy negyven Ia típusú szupernóva végeztek el a mérést, és az eredmények $\Omega_\Lambda \simeq 0.7$ értéket valószínűsítenek⁸, de a becslés hibahatára elég nagy.

Az elemek gyakorisága

A csillagászat által tanulmányozott világító anyag tömegének mintegy háromnegyede hidrogén. Ez teszi ki a csillagok és a csillagközi anyag (de még az óriásbolygók) tömegének nagy részét — a fizikai körülményektől függően ionizált, atomos vagy molekuláris formában. A fennmaradó részt lényegében a hélium adja. A hélium mennyiségét $23 \pm 5\%$ -ra becsülik. A többi, nehezebb elem részaránya legfeljebb egy tömegszázalék. Kozmológiai szempontból

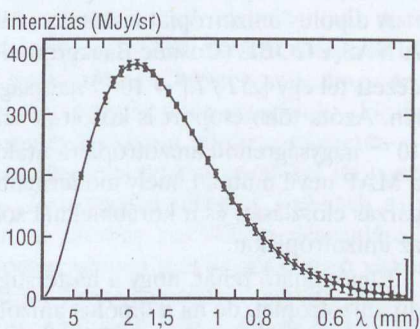
8. *Az Univerzum digitális térképe* című hír ebben a kötetben.

lényeges az a megfigyelési tény is, hogy minden tízezredik – százezredik hidrogénatommag nem proton, hanem deuteron. Ez az elemeloszlás csak a világító anyagra, tehát az összes anyagnak csak kb. 5–10%-ára mondható ki mérések alapján. A sötét anyagról egyelőre nincsenek biztos ismereteink.

A Világegyetem kémiai összetételét is sok évtizede kutatják, de az asztrofizika semmiképpen sem tudott választ adni arra a kérdésre, miért van ilyen sok hélium. Ha az Univerzum alapanyagaként tiszta hidrogént tételezünk fel, a csillagok energiatermelésével és fejlődésével foglalkozó elméletek nem tudják megmagyarázni a jelenlegi elemarányokat.

A mikrohullámú háttersugárzás

1965 a kozmológia történetének egyik kulcséve volt. Ebben évben fedezte fel két kutató, A. A. PENZIAS és R. W. WILSON a *kozmosz mikrohullámú háttersugárzást*. Azóta számos földi és űreszköztől végzett kutatás vizsgálta ezt a milliméteres hullámhosszakon jelentkező sugárzást. Megállapították, hogy az égbolt minden irányából egyforma erősséggel és spektrummal, meglepően izotrop módon érkezik a Földre. A háttersugárzás spektruma szinte tökéletesen megegyezik egy $T = (2.726 \pm 0.017)$ K hőmérsékletű, abszolút fe-



2.6. ábra. A háttersugárzás energiaeeloszlása. A folyamatos vonal az elméleti fekete test Planck-görbéje

kete test sugárzásának a spektrumával (Planck-spektrum, 2.6. ábra), így a Wien-törvénnyel összhangban a sugárzás maximuma a 2 mm hullámhossznál van. A Stefan–Boltzmann-törvényből kiszámolható a háttersugárzás energiasűrűsége, ebből pedig az $E = mc^2$ összefüggés felhasználásával tömegsűrűséget kaphatunk: $\rho_\gamma = 4.7 \cdot 10^{-34} \text{ g/cm}^3$. Látható, hogy a háttersugárzás nagyságrendekkel kisebb mértékben játszik szerepet a Világegyetem átlagsűrűségében, mint a világító és sötét anyag. A háttersugárzás járuléka a teljes tömegsűrűséghez mindössze ezred–ötvenezredrésnyi.

A háttersugárzásnak nemcsak az energiasűrűsége számítható ki, hanem a fotonok darabszámának a sűrűsége is: $n_\gamma = 420 \text{ cm}^{-3}$. Vagyis a részecskesűrűséget tekintve a fotonok vannak többen, számuk nyolc-kilenc nagyságrenddel nagyobb, mint a barionoké.

A háttérsugárzás minden irányban mérve pontosan feketetest-spektrumot mutat, de a hozzá tartozó hőmérséklet kissé változik az iránnyal. A hőmérséklet mindig abban az irányban a legnagyobb, amerre a Föld mozog (az apex irányában), az ellenkező irányban pedig a legkisebb. A Föld pekuliáris mozgásait, melyek ezt a *dipólus-anizotrópiát* okozzák, már felsoroltuk az izotrópiáról szóló részben. A maximum- és minimumirányban mért hőmérséklet eltérése egy ezreléknyi. A dipólus-anizotrópiából kiszámolható a Föld pekuliáris mozgásának iránya és nagysága, ez nincs teljes összhangban a 10–100 Mpc távolságban lévő galaxisok eloszlásának inhomogenitásából számolt értékekkel. A vizsgálatok hibahatárát is figyelembe véve azonban az egyezés sem zárható ki. A háttérsugárzásnál észlelt dipólus-anizotrópia tehát valószínűleg megmagyarázható a Föld pekuliáris mozgásával.

A dipólus-anizotrópiát leszámítva 1992-ig egyéb anizotrópiát nem észleltek. A NASA COBE (Cosmic Background Explorer) nevű műholdja 1992-ben fedezett fel egy $|\Delta T/T| \sim 10^{-5}$ nagyságrendű anizotrópiát 10–20°-os szögskálán. Azóta több csoport is közölt néhány ívperces—néhány fokos szögskálájú, 10^{-5} nagyságrendű anizotrópiára utaló észleléseket. 2001 nyarán indult útnak a MAP nevű műhold, mely modernebb technikával ismét megméri a háttérsugárzás eloszlását, és a korábbiaknál sokkal jobb szögfelbontással térképezi fel az anizotrópiákat.

Elmondható tehát, hogy a háttérsugárzás biztosan mutat 10^{-5} nagyságrendű anizotrópiát, de ha a dipólus-anizotrópia tényleg a pekuliáris mozgás eredménye, akkor nagyobb nagyságrendeken már tökéletesen izotrop.

Az elméletek és a tapasztalat

Az általános relativitáselmélet

Mai tudásunk szerint a gravitációs kölcsönhatást az Einstein-féle *általános relativitáselmélet* írja le, és nem ismeretes olyan kísérlet vagy megfigyelés, amely ezt cáfolná⁹. Az általános relativitáselmélet a newtoni gravitációelmélet modern kiterjesztése és továbbfejlesztése. A newtoni elmélet egyik alapvető állítása, hogy egy test gravitációs hatása kizárólag csak a tömegétől függ, vagyis független a test anyagi összetételétől, hőmérsékletétől és állapotának egyéb jellemzőitől. Folytonos eloszlású anyag esetén ez a gravitációs hatás a tömegsűrűségből határozható meg. Einstein elmélete szerint viszont a tömegsűrűség (amibe a tömeg—energia képlet szerint beleértendő az energiasűrűség is) ön-

9. Az általános relativitáselmélet alapfogalmairól és kozmológiai alkalmazásairól érdekes és szemléletes áttekintést nyújt a [8.] kötet.

magában nem elegendő az anyag által keltett gravitációs tér — vagy az általános relativitáselmélet nyelvén az anyag által létrehozott „téridő görbület” — leírásához. Figyelembe kell venni más fizikai paramétereket: az impulzussűrűséget, az energiaáram-sűrűséget, valamint a nyomó- és nyírófeszültségek eloszlását is. E mennyiségek együttese alkotja az *energia—impulzus tenzort*, amely a gravitációs teret leíró *Einstein-egyenletekben* a gravitáció forrásául szolgál.

A klasszikus newtoni modellben a gravitációs erőteret potenciálja szabja meg, hogy egy magára hagyott test — egy feldobott kő, vagy egy bolygó — merre és milyen gyorsulással mozog. Az Einstein-egyenletek megoldása a *mértéktenzor*, amelynek tíz komponense a newtoni gravitációs potenciál fogalmának általánosítása. A mértéktenzor komponensei szabják meg a téridő szerkezetét, vagyis a szabad, tehetetlenségi mozgások lehetséges pályáit. Gravitációs tér hiányában ezek a pályák egyenesek lennének („sík téridő”), más testek gravitációs hatása alatt már görbék — ez áll a „görbült téridő” kifejezés hátterében. Ebben a gondolatmenetben természetesen feltételezzük, hogy azok a próbatestek, amelyek mozgásával a téridő szerkezetét vizsgáljuk, „kicsik”, vagyis jelenlétük nem változtatja meg észrevehetően a téridő szerkezetét.

Gyenge gravitációs terek esetében az általános relativitáselmélet jól visszadja a newtoni fizika eredményeit — igen pontos mérések kellettek a relativisztikus hatások kimutatására (pl. a Merkúr perihélium-elfordulása, a gravitációs-lencse-hatás). Erős vagy gyorsan változó gravitációs térben viszont már jelentős az eltérés a két leírás között. Erős vagy változó gravitációs teret találunk például a gyorsan mozgó neutroncsillagok vagy a fekete lyukak környezetében. Az Univerzum egészének születése és fejlődése pedig tipikusan csak az általános relativitáselmélettel leírható jelenség.

Maximálisan szimmetrikus háromdimenziós tér

A megfigyelések néhány száz Mpc fölötti méretskálán nem mondanak ellent a homogén és izotrop tér feltételezésének. Az ellen sincs komoly érv, vagy egyéb megfigyelési adat, hogy ezek a szimmetriák a múltban is fennálltak. A ma általánosan elfogadott kozmológiai modell alapfeltevése — a *kozmológiai elv* — szerint a Világegyetem homogén és izotrop.

A homogén és izotrop teret másként *maximálisan szimmetrikus térnek* nevezzük. A tér három dimenziójára tett szimmetriamegkötés azonban az időbeli változást megengedi. Az általános relativitáselmélet külön foglalkozik azokkal a speciális esetekkel, amikor bizonyos szimmetriák állnak fenn. Teljesen általános esetre hat független Einstein-egyenletet lehet felírni, de ha egyszerűsítő feltevéseket használunk, a független egyenletek száma csökken.

Maximálisan szimmetrikus térben — az anyaggal együtt mozgó koordináta-rendszert használva — nincs energiaáramlás, és nem lépnek fel nyíróerők sem, a nyomóerőket pedig a hidrodinamikai nyomás határozza meg. Ebben az esetben a tér leírására csupán két egyenlet marad. Ezek az egyenletek olyan mennyiségek között adnak meg kapcsolatot, amelyek a kozmológia számára fontosak, és a megfigyelési eredményekkel összevethetők. A különféle kezdő-feltételekkel, valamint az Univerzumot kitöltő anyag tulajdonságaira, az érvényes fizikai törvényekre és az azokban előforduló paraméterekre vonatkozó különféle feltevésekkel elvégzett számítások — a különböző modellek — leírják ezeknek a fontos mennyiségeknek az időbeli változását.

Az első jellemző az $R(t)$ *tágulási függvény* (szokták expanziós függvénynek, skálátényezőnek, skálafaktornak is nevezni) azt mutatja meg, hogyan változnak az idő múlásával a térben mérhető távolságok. Egy $r(t)$ távolság időbeli változása arányos a skálafaktorial, azaz hányadosuk állandó: $r(t)/R(t) = A_6$. Ha ismerjük a tágulási függvény matematikai alakját, és ismerjük az $R(t_m)$ értékét a megfigyelés t_m időpontjában, akkor a megfigyeléskor r_m hosszúnak mért távolság egy tetszőleges t időpontban

$$r(t) = r_m \frac{R(t)}{R(t_m)}$$

nagyságúnak mérhető.

Fontos továbbá a $\varrho(t)$ sűrűség és a $p(t)$ nyomás időbeli alakulása. A szimmetria-feltevés miatt mindhárom jellemzőre igaz, hogy kizárólag az időtől függenek. A maximálisan szimmetrikus tér feltételezésével megmaradó két egyenletből azonban csak két mennyiség határozható meg közülük: a tágulási függvény és a sűrűségfüggvény. A nyomásfüggvény meghatározásához szükség van a termodinamikai állapotegyenletre is, melyre egy ismert példa az ideális gázra felírt $p = A_7 \cdot \varrho T$ egyenlet. Ez a nyomás, a sűrűség és a hőmérséklet között teremt kapcsolatot.

Fizikai megfontolásokból megkövetelhetjük, hogy a sűrűség és a nyomás negatív nem lehet¹⁰, tehát $\varrho(t) > 0$, és $p(t) \geq 0$ fennálljon. A pontosan nulla sűrűségű, anyagot nem tartalmazó Világegyetem esetét vizsgálni kozmológiai szempontból nyilván értelmetlen. A nyomás attól függ, hogy miből áll a teret kitöltő anyag. A klasszikus gázban a gáZRészecskék hőmozgása miatt bekövetkező ütközések makroszkopikus hatása eredményezi a nyomást. Ha a teret csomósodott anyag, „nemrelativisztikus por” tölti ki, a nyomás nulla, mert az egyes anyagcsomók között ilyesfajta nyomást eredményező kölcsönhatás nincsen. A valóságos Világegyetemben ezeknek a „porszemeknek” a galaxisokat,

10. A később említésre kerülő *inflációs kozmológiában* — ideiglenesen, nemegyensúlyi állapotban — előfordulhat negatív nyomás is.

galaxishalmazokat feleltethetjük meg. A másik véglet a relativisztikus anyag, amit a fotongáz képvisel. Ennek nyomását a $p = \rho c^2/3$ összefüggés adja meg. Bármilyen más ismert anyagfajttával töltenénk ki a teret – beleértve például a hidrogéngázt –, a nyomás e két szélsőérték között lenne. Ennek megfelelően az $R(t)$ tágulási függvényt is elegendő e két szélső nyomás esetére kiszámítani, minden más lehetséges megoldás biztosan ezek közé esik.

Pusztán elvi megfontolásokkal is belátható, hogy a maximálisan szimmetrikus háromdimenziós tér csak háromféle lehet: zárt, sík vagy nyílt. A tér pontjai közötti távolság mindhárom esetben változhat az idő múlásával, mert van olyan megoldás, hogy a szimmetriafeltételek tágulás vagy összehúzódás esetében is fennmaradnak. Tehát nem szükséges, hogy $R(t)$ állandó érték legyen.

- A *zárt tér*: térfogata véges, az egyenes önmagába tér vissza, a háromszögek szögösszege 180° -nál nagyobb. Kétdimenziós szemléltetéséhez a gömbfelületet használhatjuk.
- A *sík tér*: térfogata végtelen, a háromszög szögeinek összege pontosan 180° . Kétdimenziós megfelelője a síkfelület.
- A *nyílt tér*: térfogata végtelen, a háromszög szögeinek összege 180° -nál kisebb. Kétdimenziós analógiája a nyeregfelület. (2.7. ábra.)

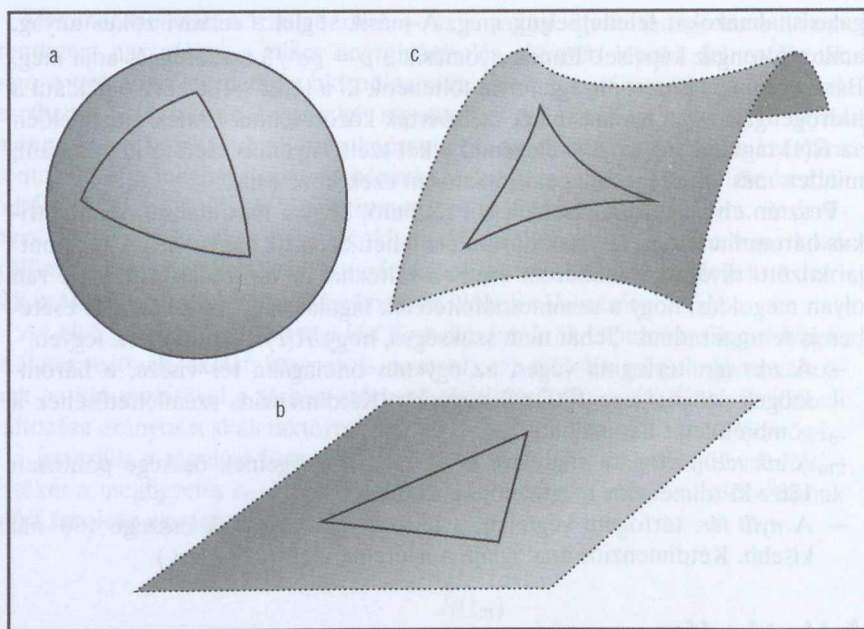
A tér tágulása

A relativitáselmélet szemléletében a galaxisok vöröseltolódását úgy fogalmazhatjuk, hogy az egyes galaxisok a „térhez képest” nem mozognak, hanem a köztük lévő tér tágul a tágulási függvény által megadott módon. A galaxisok között lévő távolság növekedése és az egymáshoz viszonyított sebességük ennek a tértágulásnak a következménye.

A táguló térben a tágulási függvénnyel arányosan növekszik a fotonok hullámhossza is: $\lambda(t) \propto R(t)$, vagyis a térben hosszú ideig úton lévő fotonnál vöröseltolódást tapasztalunk. Egy korábbi t időpontban kibocsátott foton hullámhossza a megfigyelés t_m időpontjában λ_m . A vöröseltolódásra felírt (3) összefüggés alapján

$$z = \frac{\lambda_m - \lambda}{\lambda} = \frac{R(t_m) - R(t)}{R(t)}. \quad (7)$$

Ha a foton kibocsátása és észlelése között a tágulási függvény „nem sokat változott”, akkor ezen a szakaszon közelíthető egy egyenessel. (A matematika nyelvén mondva az $R(t)$ függvényt hatványsorba fejtiük t_m körül, és a magasabb rendű tagokat elhanyagoljuk: $R(t) \approx R(t_m) - \dot{R}(t_m) \cdot (t_m - t)$.) A foton a két időpont között fénysebességgel r távolságot tett meg, ezért $t_m - t = r/c$.



2.7. ábra. A térszerkezet szemléltetése kétdimenziós felületekkel: a) zárt: gömbfelület; b) sík: síkfelület; c) nyílt: nyeregfelület

Ha ezeket felhasználjuk a (7) összefüggésben, akkor az elméletből is megkapjuk a megfigyelések alapján már felírt (5) Hubble-törvényt:

$$z = \frac{\dot{R}(t)}{R(t)}(t_m - t) = \frac{\dot{R}(t)}{R(t)} \frac{r}{c} = \frac{H}{c} r. \quad (8)$$

A lineáris közelítés akkor megengedhető, ha a foton kibocsátása és észlelése között „nem sok idő” telt el, tehát a forrás távolsága, illetve vöröseltolódása nem nagy. A klasszikus Hubble-törvény nagyjából a $z < 0.1$ vöröseltolódásig használható. Nagyobb távolságok esetén a vöröseltolódás kifejezésében a távulási függvény sorfejtésének magasabb rendű tagjait is figyelembe kell venni.

A (8) összefüggésből látható, hogy a Hubble-állandót a távulási függvény időbeli változása (idő szerinti első deriváltja) határozza meg: $H = \dot{R}(t)/R(t)$. A Hubble-állandó csak egyenletesen táguló térben volna valóban állandó. Ha a tér lassulva vagy gyorsulva tágul, akkor változik ennek az „állandónak” az értéke is. A változás módját és mértékét a távulási függvény sorfejtésének második tagjából (a távulási függvény idő szerinti második deriváltjából) kapjuk.

Jellemzésére a mértékegység megválasztásától független alakban felírt *lassulási függvényt* használják: $q(t) = -\dot{R}(t) \cdot R(t) / \dot{R}^2(t)$.

A homogenitásról szóló részben már utaltunk rá, hogy a fény véges sebessége miatt a távolabbi objektumokat a Világegyetem korábbi állapotában látjuk. Elmondhatjuk tehát, hogy a kozmológiában az objektumok $z(t)$ vöröseltolódása, $r(t)$ távolsága és az Univerzum t kora a fény elindulásakor egymással egyértelmű matematikai kapcsolatban lévő mennyiségek. A három adatot szinte egymás szinonimájaként lehet használni (2.11. ábra). Közülük közvetlenül csak a vöröseltolódás mérhető. A másik kettő ebből számolható az elfogadott kozmológiai modelltől függő $H(t)$ segítségével – így módon tehát jelentős bizonytalansággal terhelt. Ez az oka annak, hogy a kozmológusok az Univerzum fejlődéstörténetének leírásakor, az események skálázására is előszeretettel használják a vöröseltolódást az idő helyett.

Megoldások maximálisan szimmetrikus térben

Maximálisan szimmetrikus tér esetén a két Einstein-egyenlet analitikusan megoldható mindhárom lehetséges térre és tetszőleges értékű kozmológiai állandóra. A lehetséges megoldások közül csak azok érdekesek a számunkra, amelyekben a tér tágul, hiszen a valóságos Világegyetemben vöröseltolódásokat figyelünk meg. Az előző részben leírtak miatt a két szélső nyomásérték feltételezésével vizsgálhatjuk a nemrelativisztikus port (csak galaxisokat) és a relativisztikus anyagot (csak sugárzást) tartalmazó Univerzum esetét.

Nemrelativisztikus por

Mindhárom fajta térre az adódik, hogy ha a nyomás nulla, akkor a „porszerű” anyagra (galaxisokra) a tömegsűrűség a tágulási függvény köbével, vagyis a térfogattal fordítottan arányos $\varrho(t) \propto R^{-3}(t)$. Egy adott tértartományban levő teljes tömeg változatlan marad a tágulás során (anyagmegmaradás). Ez a megállapítás tetszőleges nagyságú kozmológiai állandó mellett fennáll.

A továbbiakban vizsgáljuk meg azokat a megoldásokat, amelyeket nulla értékű kozmológiai állandó mellett kaphatunk. A tágulás kezdeti szakaszában mindhárom fajta tér hasonlóan viselkedik: a távolságok az idő kétharmadik hatványa szerint növekednek, a Hubble-állandó az idővel fordított arányban csökken, a lassulási függvény pedig 0.5 értékű. A tágulás mindegyik modellben az Univerzum teljes élettartama alatt lassul, vagyis bármelyik időpontban igaz, hogy a lassulási függvény pozitív: $q(t) > 0$. Egyszerű összefüggés vezethető le az omega paraméterrel jellemzett relatív anyagsűrűség és az általa befolyásolt tér lassulási függvénye között: $\Omega(t) = 2q(t)$.

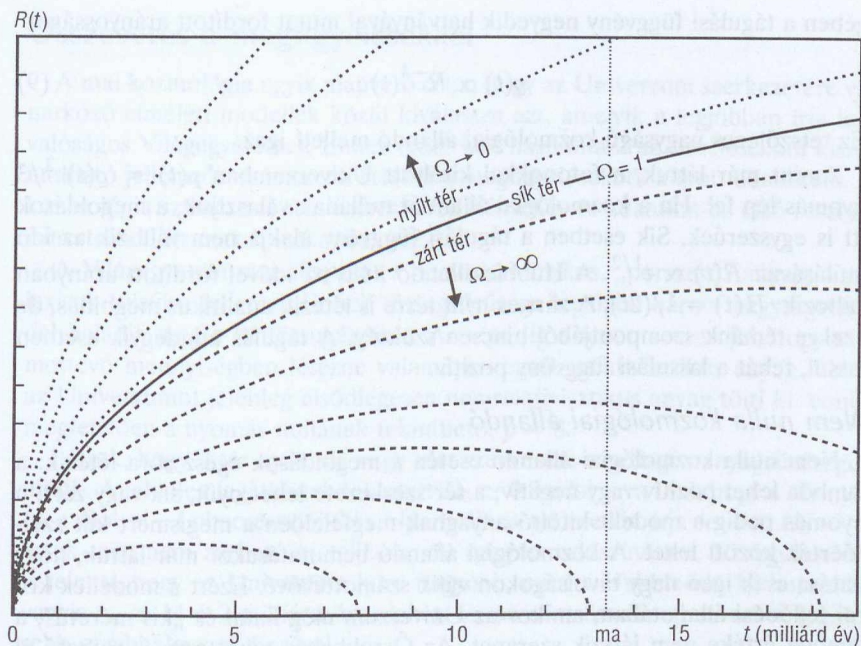
2.1. táblázat. Kozmológiai modellek maximálisan szimmetrikus térben, galaxisokat tartalmazó Univerzum esetére. Az $x = f_1 \rightarrow f_2$ formájú jelölés azt jelenti, hogy az x mennyiség a tágulás kezdetén f_1 függvény szerint, a fejlődés későbbi szakaszában f_2 függvény szerint változik

tulajdonság	zárt tér	sík tér	nyílt tér
a tágulás módja	elliptikus	parabolikus	hiperbolikus
az Univerzum térfogata	$V(t) = 0 \rightarrow V_{\max} \rightarrow 0$	$V(t) = 0 \rightarrow \infty$	$V(t) = 0 \rightarrow \infty$
tágulási függvény	$R(t) \propto t^{\frac{2}{3}} \rightarrow R_{\max} \rightarrow 0$	$nR(t) \propto t^{\frac{2}{3}}$	$R(t) \propto t^{\frac{2}{3}} \rightarrow t$
Hubble-állandó	$H(t) = \frac{2}{3t} \rightarrow 0 \rightarrow -\infty$	$H(t) = \frac{2}{3t}$	$H(t) = \frac{2}{3t} \rightarrow \frac{1}{t}$
az Univerzum kora	$t_m < \frac{2}{3}t_H$, amíg $t_H > 0$	$t_m = \frac{2}{3}t_H$	$\frac{2}{3}t_H < t_m < t_H$
lassulási függvény	$q(t) = 0.5 \rightarrow \infty \rightarrow 0.5$	$q(t) = 0.5$	$q(t) = 0.5 \rightarrow 0$
átlagsűrűség	$\varrho(t) > \varrho_k(t)$	$\varrho(t) = \varrho_k(t)$	$\varrho(t) < \varrho_k(t)$
ómega	$\Omega(t) > 1$	$\Omega(t) = 1$	$\Omega(t) < 1$

Mindegyik modell tágulása egy t_m időponttal ezelőtti, „pontoszerű” méretről indul. Vagyis a modellek szerint kellett lennie a múltban egy olyan időpontnak, amikor az egész ma megfigyelhető Univerzum egy végtelenül kicsiny és végtelenül sűrű kezdőállapotból elkezdett tágulni. Ezt a kezdőállapotot *Ős-robbanás*, *Nagy Bumm*, *Big Bang* neveken szokás emlegetni.

A kezdőállapottól eltelt idő — az Univerzum kora — mindegyik esetben kisebbnek adódik, mint a Hubble-idő. Következésképpen az Univerzum kora véges, és nem lehet nagyobb, mint $t_H = 9.6 h^{-1} \cdot 10^9$ év. Felhasználva a $h \simeq 0.5 - 0.8$ értéket, az Univerzum korára 13–19 milliárd év felső korlát adódik.

A galaxisokat tartalmazó Univerzumban, a háromféle térre, nulla kozmológiai állandó mellett kapott megoldások fontosabb jellemzőit a 2.1. táblázat és a 2.8. ábra foglalja össze.



2.8. ábra. Az $R(t)$ tágulási függvény alakja különböző átlagsűrűségekkel számolt elméleti modellekben (nulla kozmológiai állandó mellett)

- A *zárt térben* a lassuló tágulás véges ideig folyik, miközben az Univerzum elér egy maximális méretet. Ezután a tágulás egyre gyorsuló összehúzó-
dásba megy át, és végül az Univerzum a kezdőállapothoz hasonló „pont-
tá” zsugorodik. Az átlagsűrűség mindig nagyobb a kritikus értéknél.
- A *sík térben* a lassuló tágulás végtelen ideig zajlik, a tágulási sebesség a
végtelenben válik nullává. Az átlagsűrűség mindig megegyezik a kritikus
sűrűséggel, vagyis $\Omega = 1$.
- A *nyílt térben* a lassuló tágulás sebessége végtelen idő múlva sem válik
nullává, hanem egy konstans értékhez tart. Az átlagsűrűség mindig kisebb
a kritikus értéknél.

Fotongáz

Ha fotongáz tölti be a teret, akkor a tágulás során egy kiválasztott térrész-
ben a fotonok száma nem változik, darabszámsűrűségük a hosszúság harmadik
hatványa szerint csökken. Emellett azonban az Univerzum tágulásával egye-
nes arányban növekszik a hullámhosszuk, vagyis – a Planck-törvény szerint
– csökken az energiájuk. A sugárzásból eredő tömegsűrűség tehát összessé-

gében a tágulási függvény negyedik hatványával mutat fordított arányosságot:

$$\varrho(t) \propto R^{-4}(t). \quad (9)$$

Ez tetszőleges nagyságú kozmológiai állandó mellett igaz.

Amint már láttuk, a fotonokkal kitöltött Univerzumban $p(t) = \varrho(t)c^2/3$ nyomás lép fel. Ha a kozmológiai állandót nullának választjuk, a megoldások itt is egyszerűek. Sík esetben a tágulási függvény alakja nem változik az idő múlásával: $R(t) \propto t^{1/2}$. A Hubble-állandó itt is az idővel fordított arányban változik: $H(t) = 1/(2t)$. A zárt és nyílt térre is létezik analitikus megoldás, de ezekre témánk szempontjából nincsen szükség. A tágulás mindegyik esetben lassul, tehát a lassulási függvény pozitív.

Nem nulla kozmológiai állandó

Nem nulla kozmológiai állandó esetén a megoldások egész sora létezik: a lambda lehet pozitív vagy negatív; a tér szerkezete lehet nyílt, sík vagy zárt; a nyomás pedig a modellt kitöltő anyagnak megfelelően a megismert két szélsőérték között lehet. A kozmológiai állandó bemutatásakor már láttuk, hogy hatása csak igen nagy távolságokon válik számottevővé. Ezért a modellek korai fejlődési állapotában, amikor az Univerzum még fiatal és „kis méretű”, a lambda értéke nem játszik szerepet. Az Ősrobbanás tehát nem kerülhető el a kozmológiai állandó feltételezésével, csupán az Univerzum jelenlegi korát módosítja kis mértékben a lambda értéke¹¹.

A valóságos Világegyetem megértése szempontjából a lehetséges megoldások közül csak azoknak van jelentősége, amelyekben a kozmológiai állandó pozitív, a nyomás nulla (galaktikus anyag), a tér szerkezete pedig nyílt vagy sík.

A $t \ll \Lambda^{-1/2}/c$ időszakban minden úgy zajlik, mintha nulla lenne a kozmológiai állandó. A $t \gg \Lambda^{-1/2}/c$ időszakban viszont már lényegében csak a kozmológiai állandó játszik szerepet, a tágulás exponenciálisan gyorsulóvá válik: $R(t) \propto \exp(\Lambda^{1/2}ct)$. Ennek megfelelően a lassulási függvény negatív lesz, $q(t) = -1$, azaz „gyorsulási függvény” lesz belőle. Vagyis ha a kozmológiai állandó nem nulla, akkor $q < 0$ is lehetséges. Mivel az anyagsűrűség negatív nem lehet, vagyis $\Omega > 0$, ezekben a modellekben nem áll fenn az $\Omega = 2q$ kapcsolat.

11. Az Einstein-egyenleteknek létezik olyan matematikai megoldása is, amelyben nincs Ősrobbanás. Ez azonban csak speciális kezdőparaméterek esetén lehetséges, és a kozmológia szempontjából nem értelmes modell. A különböző kezdőfeltételek és a kozmológiai állandó különböző értékei esetén érvényes megoldásöbörbék áttekintő táblázata megtalálható pl. a [4.] kötet 335. oldalán.

Összevetés a megfigyelésekkel

A mai kozmológia egyik alapvető célja, hogy az Univerzum szerkezetére vonatkozó elméleti modellek közül kiválassza azt, amelyik a legjobban írja le a valóságos Világegyetemet. Ehhez össze kell hasonlítani az elméletekből kiszámolható jellemzők számszerű értékét a megfigyelésekből kapott adatokkal. A kozmológia számára fontos mérési eredményeket és adatokat az első részben ismertettük, itt csak hivatkozunk rájuk.

A Világegyetem mai állapotát a nemrelativisztikus, „porszerű” anyag, a galaxisok túlsúlya jellemzi. Ennek tömegsűrűsége legalább három nagyságrenddel haladja meg a háttérsugárzásét. Arra pedig nincsen semmi jel, hogy számottevő mennyiségben létezne valamilyen egyéb relativisztikus anyag. Tehát az Univerzumot jelenleg elsődlegesen nemrelativisztikus anyag tölti ki, ennek megfelelően a nyomás nullának tekinthető: $p = 0$.

Láttuk, hogy a tér nyílt, sík vagy zárt szerkezete az átlagos anyagsűrűsége múlik. A jelenleg legjobbnak tekintett $\Omega_0 \simeq 0.3$ adat arra utal, hogy a tér nyílt és a Bolyai–Lobacsevszkij-féle hiperbolikus geometria írja le. Az $\Omega_0 = 1$ érték még nem zárható ki teljesen, de nagyon valószínűtlen. Ez egyben azt is jelenti, hogy az Univerzum kora nagyobb, mint a Hubble-idő kétharmada, vagyis $t_m \simeq 14 \pm 2$ milliárd éves lehet. Ez az adat összhangban van a legidősebb gömbhalmazok korával.

A kozmológiai modellek és a valóság összehasonlításakor kiemelkedő fontossága van az extragalaktikus távolságmérési módszereknek. A vöröseltolódást a legtávolabbi észlelhető objektumokra is meg tudjuk határozni. Ezt felhasználva a különböző kozmológiai modellek segítségével kiszámolható, hogy

- milyen $r(t)$ távolságban volt a forrás abban a t időpontban, amikor az általunk észlelt fényt kibocsátotta;
- milyen $r(t_m)$ távol van ez az objektum most, a t_m időpontban – minden modellben igaz, hogy $(1+z)$ -szer messzebb, mint a kibocsátáskor;
- mennyi volt az Univerzum t életkora akkor, amikor a forrásból a fény elindult. Ebből természetesen következtetések vonhatók le a kibocsátó objektum korára, fejlődési állapotára is.

Ezeknek az adatoknak a konkrét számértéke természetesen függ attól, hogy milyen modellel, milyen kezdőfeltételekkel számoljuk. Például ha a kozmológiai állandót nullának választjuk, és $\Omega = 1$ relatív sűrűséget tételezünk fel, akkor a z vöröseltolódású objektum fénykibocsátáskori távolsága

$$r(t) = 6000 \frac{1}{h(1+z)} \left(1 - \frac{1}{\sqrt{1+z}} \right) \text{ Mpc} \quad \text{és} \quad \frac{t_m}{t} = (1+z)^{\frac{3}{2}}.$$

Ha a forrás $r(t)$ távolságát más független mérésen alapuló módszerrel is meg tudjuk határozni, akkor az eredményt össze tudjuk hasonlítani a modellekből kapott adatokkal.

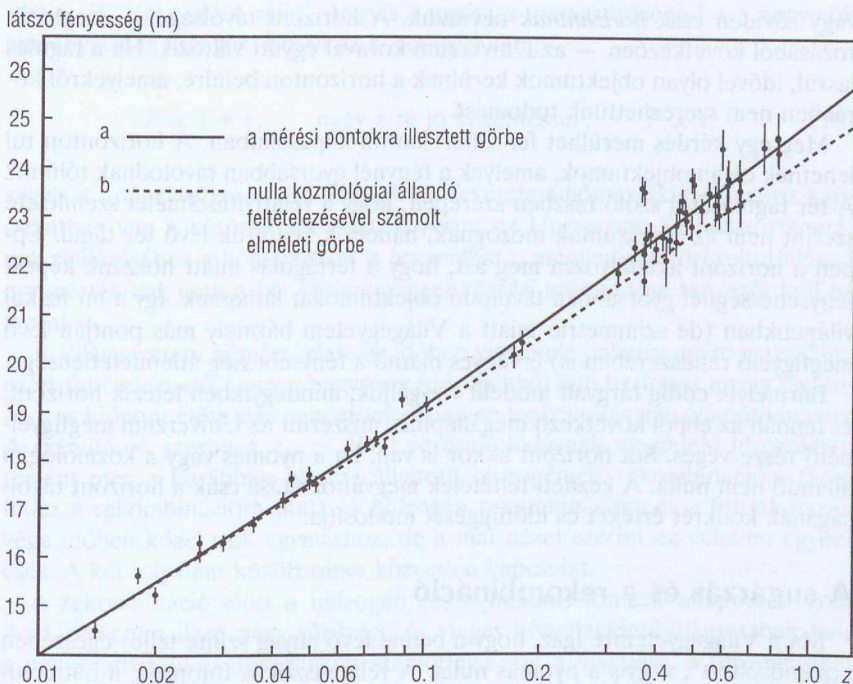
A kozmológiai állandó értéke

Az extragalaktikus távolságmérés számára ma az egyik legnagyobb kihívás a kozmológiai állandó értékének vizsgálata. A nemrelativisztikus porra érvényes modelleknél szerepelt az $\Omega(t) = 2q(t)$ összefüggés, ami az anyagsűrűség és az általa befolyásolt tér lassulási függvénye közötti kapcsolatot adja meg. Ez az összefüggés csak akkor igaz, ha a kozmológiai állandó nulla. Ez esetben a ma legvalószínűbbnek tartott $\Omega_0 \simeq 0.3$ relatív sűrűségből $q(t_m) \simeq 0.15$ lassulásfüggvény-érték adódik.

A tér tágulásáról szóló részben láttuk, hogy lassulási függvény a Hubble-állandó időbeli változását adja meg. Nagyon távoli — tehát időben nagyon régi — objektumok távolságát és vöröseltolódását vizsgálva tanulmányozható ez a változás. Ehhez természetesen a távolságot nem a vöröseltolódásból kell számolni, hanem független módszerrel kell meghatározni. A kozmológiai állandó bemutatásakor már leírtuk az erre irányuló legfontosabb kutatási eredményt. A vizsgálatban szereplő szupernóvák távolságát látszó fényességükből határozták meg.

A távoli szupernóvákra a $\lg z - m$ grafikon pontjai egyértelműen eltértek a lineáristól (2.9. ábra). Az elméletből várt $q \simeq 0.15$ érték helyett az a meglepő eredmény született, hogy a $q < 0$, a lassulási paraméter negatív, következésképpen a Világegyetem tágulása gyorsul! Ez csak úgy magyarázható, ha mégis létezik a térben valami taszító hatás is, ami a modellekben nem nulla kozmológiai állandóval vehető figyelembe. A grafikon alapján $\Omega_\Lambda \simeq 0.7$ érték valószínűsíthető. A lambda értéke körül az elmúlt évtizedekben sok vita folyt, voltak téves mérések és értelmezések, ezért az említett kutatásban részt vevők is óvatosan fogalmaznak. Jelenleg azonban nem tudnak más magyarázatot adni a mérési eredményekre, mint azt, hogy a kozmológiai állandó értéke tényleg nem nulla.

A modern elméleti kutatások a kozmológiai állandót már nem egy eleve adott univerzális konstansként kezelik, hanem feltételezik, hogy nagyságát — és így hatását is — egy speciális anyagfajta (a „kvintesszencia”) dinamikája határozza meg. Ez az érték ezért az Univerzum fejlődése során változhatott (és esetleg térben sem szigorúan állandó). A legnagyobb kérdés persze továbbra is az, hogy ezt a mesterkélt matematikai segédeszköznek látszó fogalmat hogyan sikerül valóságos létezőként beépíteni a fizika világképébe [16.].



2.9. ábra. Távoli szupernóvák vöröseltolódás – látzó fényesség grafikonja

A kozmológiai horizont

Láttuk, hogy az Univerzum t_m kora mindegyik modellben véges, így a c sebességgel haladó fény csak olyan forrásokról juthatott el hozzánk, amelyek a fény kibocsátásakor $r_{\max}(0) = ct_m$ távolságon belül voltak. A pontosan $r_{\max}(0)$ távolságban kibocsátott fény az Univerzum kezdőállapotában, a $t = 0$ pillanatban indult el. Ezt elvileg sem észlelhetnénk, mert végtelen nagyságú vöröseltolódás lépne fel nála. A források természetesen azóta a tér tágulása miatt $1 + z$ -szer távolabbra kerültek. A kibocsátásakor $r_{\max}(0)$ nagyságú maximális távolság mai értéke pontosan megadható:

$$r_{\max} = r_{\max}(t_m) = \frac{2c}{H(t_m) \cdot \Omega_0} = 6000 \frac{1}{h(t_m) \cdot \Omega_0} \text{ Mpc.}$$

A Világegyetemnek jelenleg tehát az $r_{\max}$ távolságon belüli részéről érkezett bármiféle fizikai hatás a Földre, a távolabbi tartományokról közvetlen információt nem szerezhetünk. Ezt az $r_{\max}$ távolságot *kozmológiai horizontnak*

vagy röviden csak *horizontnak* nevezzük. A horizont távolsága — meghatározásából következően — az Univerzum korával együtt változik. Ha a tágulás lassul, idővel olyan objektumok kerülnek a horizonton belülre, amelyekről korábban nem szerezhettünk tudomást.

Még egy kérdés merülhet fel a horizonttal kapcsolatban. A horizonton túl lehetnek olyan objektumok, amelyek a fénynél gyorsabban távolodnak tőlünk? A tér tágulásáról szóló részben szerepelt, hogy a relativitáselmélet szemlélete szerint nem az objektumok mozognak, hanem a közöttük lévő tér tágul. Éppen a horizont akadályozza meg azt, hogy a tértágulás miatt hozzánk képest fénysebességnél gyorsabban távolodó objektumokat láthassuk. Így a mi fizikai világunkban (de szimmetria miatt a Világegyetem bármely más pontján lévő megfigyelő rendszerében is) érvényes marad a fénysebesség átléphetetlensége.

Bármelyik eddig tárgyalt modellt vizsgáljuk, mindegyikben létezik horizont, és fennáll az ebből következő megállapítás, miszerint az Univerzum megfigyelhető része véges. Sőt horizont akkor is van, ha a nyomás vagy a kozmológiai állandó nem nulla. A kezdeti feltételek megváltoztatása csak a horizont távolságának konkrét értékét és időfüggését módosítja.

A sugárzás és a rekombináció

Ma a Világegyetemre igaz, hogy a benne lévő anyag szinte teljes egészében „csomósodott”, vagyis a nyomás nulla. A relativisztikus fotongáz, a háttérsugárzás csak elhanyagolható töredékét adja annak az anyagsűrűségnek, ami a tér szerkezetét és a mozgásokat meghatározza. Láttuk, hogy a nemrelativisztikus anyag tömegsűrűsége a tágulási függvény harmadik hatványa szerint, a fotongázé pedig a negyedik hatványa szerint csökken (9). A kozmológiai jövőben tehát a fotongáz jelentősége még kisebb lesz. Az időben visszafelé haladva viszont éppen fordítva változik a helyzet.

Kiszámolható, hogy nagyjából a $z_e = 40\,000 \Omega_0 h^2$ vöröseltolódásnak megfelelő időszakban a két sűrűség egyforma volt (az e index az egyenlő sűrűségre utal). Ezt megelőzően a sugárzásból származó tömegsűrűség volt a meghatározó, ez volt a Világegyetem *fotonkorszaka* vagy *sugárzási korszaka*. Figyelembe véve Ω és h értékének bizonytalanságát, azt mondhatjuk, hogy ez a fotonkorszak $z_e \simeq 2000 - 10\,000$ körül ért véget.

A háttérsugárzás a mérési hibán belül tökéletes feketetest-sugárzás, érvényes rá a Stefan–Boltzmann-törvény. Eszerint a fotongáz energiasűrűsége (így a tömegsűrűsége is) a hőmérséklet negyedik hatványával arányos: $\varrho(t) \propto T^4$. A múltba visszafelé haladva a nagyobb sűrűségű sugárzás melegebb is volt. A tér tágulásának tárgyalásakor felírt (7) egyenlet kis átrendezésével azt kapjuk, hogy $1 + z(t) \propto R^{-1}(t)$. Ezt felhasználva a (9) egyenletben

$\rho(t) \propto R^{-4}(t) \propto (1+z(t))^4$. Vagyis a sugárzás tömegsűrűsége $1+z$ negyedik hatványával is arányos. Ebből az következik, hogy

$$T \propto 1+z, \quad \text{nagy } z\text{-re jó közelítéssel: } T \propto z, \quad (10)$$

vagyis a Világegyetemet kitöltő sugárzás feketetest-hőmérséklete lineáris kapcsolatban van a vöröseltolódással. Eszerint az Univerzum fejlődéstörténetének skálázásához a hőmérséklet is használható, mégpedig a vöröseltolódással egyenértékűen, csak a két skála egységei közötti arányossági tényezőt kell ismerni.

A Világegyetem hőmérséklete az időben visszafelé haladva egyre magasabb, ezért feltételezhető, hogy a nagyrészt hidrogénből álló barionos anyag egy bizonyos időpont előtt már nem atomos, hanem ionizált, plazma állapotban volt. A számítások szerint a $z_{\text{re}} \simeq 1000$ vöröseltolódásnak megfelelő időszakban történt meg a korábban plazma állapotú hidrogéngáz rekombinációja (a re index a rekombinációra utal). A hidrogén rekombinációja és a fotonkorszak vége időben közel esik egymáshoz, de a mai nézet szerint ez véletlen egybeesés. A két folyamat között nincs közvetlen kapcsolat.

A rekombináció előtt a hidrogén (és a hélium) ionizált állapotban volt. Az Univerzum ilyen nagy sűrűségű és magas hőmérsékletű állapotában már a nemrelativisztikus anyagnak is számottevő volt a nyomása, a folyamatokat azonban elsősorban a nagy sűrűségű háttérsugárzás határozta meg. A rekombináció előtt a tágulást minden modellben és tetszőleges értékű λ mellett az $R(t) \propto t^{1/2}$ összefüggés írja le. A rekombináció után a semleges, atomos állapotú, nemrelativisztikus anyag hatása válik meghatározóvá.

Az Univerzum története

A kezdőpont problémája

A bemutatott elméleti modellek szerint a Világegyetem fejlődése egy pontszerű, végtelen magas hőmérsékletű, nyomású és sűrűségű — matematikai kifejezéssel *szinguláris* — állapotból indult. Az Ősrobbanás pillanata ($t = 0$) azonban nem írható le a mai fizika eszközeivel.

Az anyag szélsőséges állapotaival foglalkozó elméleti fizikusok kitaláltak egy olyan különleges mértékegységrendszert, amiben a legalapvetőbb természeti állandók (a G gravitációs állandó; a $\hbar$, a 2π -vel osztott Planck-állandó és a c fénysebesség) pontosan egységnyi nagyságú, dimenzió nélküli számok: $G = \hbar = c = 1$. Ezt a mértékegységrendszert *Planck-skálának* vagy *Planck-*

léptéknek nevezik. Ebben a rendszerben az idő egysége a *Planck-idő*:

$$t_P = \sqrt{\frac{G\hbar}{c^5}} = 0.538 \cdot 10^{-43} \simeq 10^{-43} \text{ s.}$$

Az elméletek szerint amikor az Univerzum kora nagyjából a Planck-időnek felelt meg, a méretének $\approx 10^{-33}$ cm, sűrűségének $\approx 10^{94}$ g/cm³, a hőmérsékletének $\approx 10^{32}$ K nagyságrendjébe kellett esnie. A Planck-idő előtti pillanatokban a nagy sűrűség miatt a tér görbülete olyan nagy, hogy már az elemi részecskék közti folyamatok leírásában is figyelembe kellene venni a gravitációs kölcsönhatást. Másrészt pedig számításba kellene venni, hogy ilyen szélsőséges állapotban az Univerzum általános viselkedését közvetlenül befolyásolják a kvantumjelenségek. A Világegyetem mérete ugyanis kisebb, mint a kvantumfizikai hullámhossza, ezért az egész Univerzumra fellépnek a kvantummechanikai határozatlanságok.

A Planck-idő előtti folyamatok modellezéséhez az általános relativitáselmélet és a kvantumfizika egyesítésére lenne szükség, a kvantumgravitáció elmélete azonban ma még csak csírájában létezik. Az utóbbi években történtek reményt keltő matematikai előrelépések, de mértékadó fizikusok csak e század közepére várják az elmélet kidolgozását és első eredményeit. Ezért ma még csak a Planck-időnek nagyságrendileg az ezerszeresétől tudjuk számításokkal követni a Világegyetem fejlődését. A $t \sim 10^{-40}$ s előtti időszakról a jelenlegi fizika semmi biztosat nem tud mondani.

Az első másodperc

A kozmológiai modellek néhány nehézségének megoldására és a részecskefizika akkoriban elfogadott Standard modellje által adott kozmológiai következmények figyelembevételére dolgozták ki a nyolcvanas években nagy visszhangot kapott *inflációelméletet*. E modell szerint a Planck-korszak után, de még az ismert elemi részecskék kialakulása előtt, a $t \simeq (10^{-35} - 10^{-32})$ s időszakban az Univerzum nem a bemutatott modellek szerint tágult, hanem a tágulási függvény exponenciálisan, sok nagyságrendet növekedett. Ezután kezdődött a ma is megfigyelhető lassú tágulás. Az infláció klasszikus elmélete a megfigyelésekkel nem volt összhangban, ezért elvetették. Egyes elméleti kozmológusok azonban ma is dolgoznak az inflációs kozmológiai modell bonyolultabb, finomított változatain. Az inflációs modell szerint a fotonokból álló háttérsugárzás és az általa keltett részecske – antirészecske párok csak az infláció befejeződése után, a gravitációs energia rovására keletkeztek.

Kezdetben a háttérsugárzás hőmérséklete még olyan magas volt, hogy egy foton energiája messze meghaladta a legnehezebb elemi részecskék tö-

megének energia-egyenértékét. Így a fotonokból párkeltéssel részecske – antirészecske párok keletkezhettek, a részecske – antirészecske találkozások pedig szétsugárzódással ismét nagy energiájú fotont hoztak létre. Amíg a fotonok energiája magasabb volt néhány GeV-nál, addig elsősorban nagyobb tömegű hadronok¹² vettek részt a folyamatban, ezért ezt az időszakot az Univerzum *hadronkorszakának* is szokták nevezni.

Ebben a dinamikus egyensúlyban folyamatosan keletkeztek és megsemmisültek proton – antiproton és neutron – antineutron párok is. Az egyensúly idején ezeknek a barionoknak a száma nagyságrendileg megegyezett a fotonokéval, hiszen két fotonból két részecske, két részecskéből két foton jött létre. A hőmérséklet csökkenésével azonban a fotonok átlagos energiája is csökkent, és egy idő után már nem volt elegendő a barion-párkeltésre. A protonok és neutronok keletkezése leállt, szétsugárzódásuk viszont folytatódott. Minthogy a részecskék és antirészecskék párosával keletkeztek, a szétsugárzódás során teljesen el kellett volna fogyniuk. Mégis azt tapasztaljuk, hogy a Világegyetemben ma is van „egy kevés” barion, – jöllehet a darabszámra a fotonoknál legalább nyolc nagyságrenddel kevesebb – antianyag viszont még ennyi sincsen.

A hőmérséklet csökkenésével a hadronok keletkezése tehát leállt. Az elektron – pozitron párkeltéshez azonban alig több, mint 1 MeV fotonenergia kell, így a tágulás további szakaszában ez a folyamat vált uralkodóvá. A fotonokkal ekkor az elektron – pozitron párok voltak dinamikus egyensúlyban. Minthogy az elektront a leptonok¹³ közé soroljuk, az Univerzum fejlődésének ezt a szakaszát *leptonkorszaknak* is mondják. Amikor azután az átlagos fotonenergia 1 MeV alá csökkent, az elektron – pozitron párok is végleg elfogytak. A rejtélyes $\sim 10^{-9}$ nagyságrendű többlet azonban a protonokhoz hasonlóan elektronból is megmaradt. A jelenlegi részecskefizikai elméletek ezt az furcsaságot az anyag- és antianyag-részecskék tulajdonságaiban megmutatkozó, kis mértékű – de már kísérletileg is kimutatott – aszimmetriával próbálják magyarázni.

A neutrínók tömege az elektronénál legalább három nagyságrenddel kisebb. Ezért ezek még akkor is keletkezhettek, mikor a fotonenergia 1 MeV alá csökkent. Valószínű azonban, hogy neutrínó – antineutrínó párok szinte egyáltalán nem sugárzódtak szét a későbbiek során sem, mert ezeknek a részecskéknek igen csekély a hajlamuk a kölcsönhatásokra. (Egy neutrínó jó eséllyel keresztülhaladhat a Föld teljes gömbjén anélkül, hogy kölcsönhatásba lépne annak anyagával.) Ha ez így van, akkor a Világegyetem terének minden köbcentiméterében ma is több száz neutrínónak és antineutrínónak kellene lennie – nagyságrendben annyinak, mint amennyi a fotonok száma. Ezt az elméleti jós-

12. , 13. Lásd a 7. lábjegyzetet.

latot azonban egyelőre még nem sikerült kísérletileg igazolni vagy megcáfolni. Ha ezeknek a megmaradt neutrínóknak nem nulla nyugalmi tömegük is van – mint arra a legújabb mérések utalnak –, akkor ez a neutrínótenger jelentős részét teheti ki a sokat keresett sötét anyagnak.

Az első másodperctől a rekombinációig

Az elektron–pozitron-párok szétsugárzódása utáni időszakban, nagyjából az első másodperc után, a $T \sim 10^{10}$ K hőmérsékletű fotongázban viszonylag kis mennyiségű proton, neutron és elektron maradt csupán. A tágulás menetét ekkor a sugárzás anyagsűrűsége határozta meg, ezért ezt az időszakot *fotonkorszaknak* vagy *sugárzási korszaknak* mondjuk.

A protonok és a neutronok száma a hadronkorszak végén még pontosan egyforma volt. A szabad neutronok azonban az $n \rightarrow p + e^- + \bar{\nu}_e$ folyamat során, 15.5 perc felezési idővel protonná, elektronná és antineutrínóvá bomlanak. Amíg az anyag sűrűsége és hőmérséklete kellően nagy volt, addig fordított hatású folyamat is zajlott: hiszen a gyenge kölcsönhatás következtében a proton is képes neutronná alakulni, miközben pozitron és neutrínó keletkezik: $p \rightarrow n + e^+ + \nu_e$. (Közönséges állapotú anyagban ez csak bizonyos atommagok belsejében, az inverz béta-bomlás során történhet meg.) A bomlaskor keletkezett részecskék tömegének összege nagyobb, mint a protoné volt, hiszen már önmagában a neutron tömege is kissé több. A tömegkülönbséget nyilvánvalóan a proton mozgási energiájából kellett fedezni, ami a hőmérséklet függvénye.

A hőmérséklet csökkenésével tehát a protonok bomlására egyre kisebb volt a lehetőség, a neutronok bomlása viszont változatlanul folyt. Az egyensúly egyre jobban eltolódott a protonok javára. A neutronok teljes elfogyását az akadályozta meg, hogy közben beindult az atommagok keletkezése. Atommag belsejében pedig a neutron is stabil¹⁴. Amikor a fotonok átlagos energiája már kisebb volt, mint az egy protonból és egy neutronból álló deutérium-atommag kötési energiája (2.2 MeV), akkor ezeket a magokat nem rombolta szét a sugárzás: megkezdődhetett az elemek keletkezése. A deutérium-magból további ütközésekkel hélium- (${}^3_2\text{He}$, ${}^4_2\text{He}$) és lítium-magok (${}^7_3\text{Li}$) épülhettek fel. A nagyobb atommagok kialakulásának valószínűsége elhanyagolható.

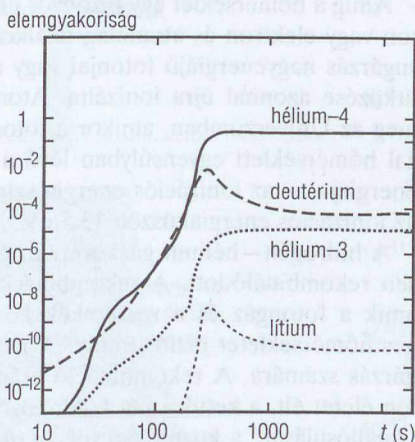
Két hőmérsékletfüggő folyamat futott tehát versenyt: a neutronok fogyása és atommagokba való beépülése. Ezek eredője határozta meg, mennyi magassabb rendszámú atommag – elsősorban hélium – keletkezett és mennyi magányos proton – hidrogén – maradt. Végül neutron már csak atommagok

14. Kivéve a béta-sugárzó izotópokat, de ezek olyan nagy tömegszámú atommagok, amilyenek az Univerzumnak ebben az időszakában nem állhattak össze.

belsejében volt található. Az elemek itt vázolt keletkezése, a *nukleoszintézis* számításokkal jól követhető. Ehhez persze már nem elegendők az Einstein-féle téregyenletek, hanem részecske- és atommagfizikai adatokat és összefüggéseket is fel kell használni. Ezek segítségével megadható, hogy különböző kiinduló barionsűrűség mellett milyen lenne az egyes elemek keletkezési üteme, és a nukleoszintézis után mekkora az egymáshoz viszonyított arányuk (2.10. ábra). Nyilvánvalóan nagyobb barionsűrűségnél gyorsabban keletkezhetnek a nagyobb magok, vagyis több hélium lesz. A közbülső magok – a deutérium és a ${}^3_2\text{He}$ – koncentrációja fordítottan függ a barionsűrűségtől, mint a ${}^4_2\text{He}$ mennyisége. Ha több ${}^4_2\text{He}$ keletkezik, kevesebb közbülső termék marad meg. A legfontosabb „nyomkoncentráció”, amit érdemes vizsgálni, a deutériumé. A kezdeti barionsűrűség függvényében a deutron/proton arány $\sim 10^{-2}$ -től $\sim 10^{-9}$ -ig változhat.

Az Univerzum jelenleg megfigyelt elemgyakoriságát összevetve ezekkel a számításokkal, független adatot kaphatunk a jelenlegi barionsűrűségrre. A cikk elején az átlagsűrűsége felírt $\rho = 1.88 \cdot 10^{-29} \Omega h^2 \text{ g/cm}^3$ összefüggésből pedig megkaphatjuk a barionos anyag relatív sűrűségét, pontosabban annak h^2 -tel szorzott számértékét: $\Omega_B h^2 = 0.03 \pm 0.02$. Ehhez feltételezzük, hogy a nukleoszintézis óta a hélium részaránya nem változott meg számottevően. Ez egyáltalán nem nyilvánvaló, ezért a kérdést alaposan tanulmányozták. A ma elfogadott végkövetkeztetés az, hogy a kémiai összetétel későbbi változásai valóban nem számottevők.

A nukleoszintézis modellezéséből kapott sűrűségérték és az ebből számolt $\Omega_B h^2$ érték természetesen csak a barionokra vonatkozik. A kapott adat nagyjából megegyezik a világító anyagra más módszerrel – tömegmérésekből – becsült sűrűséggel, és sokkal kevesebb, mint a teljes nemrelativisztikus anyag-sűrűsége elfogadott $\Omega_0 h^2 \simeq (0.1 - 0.2)$. A Világegyetemben megfigyelt elemgyakoriság tehát elég határozottan azt támasztja alá, hogy a sötét anyag – vagy legalábbis annak nagy része – nem barionos. A nukleoszintézis az első néhány percben lezajlott. Ezután pár százezer éven keresztül, a rekombiná-



2.10. ábra. Az elemek keletkezése. A kezdeti gyors változások után az elemgyakoriságok beállnak egy állandó értékre

ció kezdetéig semmi említésre méltó nem történt az Univerzum anyagával — leszámítva persze azt, hogy a tágulás miatt hűlt és a sűrűsége csökkent. Az anyag ekkor már elég ritka volt ahhoz, hogy a neutrínók alig hatottak kölcsön a többi részecskével, így az Univerzum anyagának további fejlődésében valószínűleg nem játszottak szerepet.

A rekombináció után

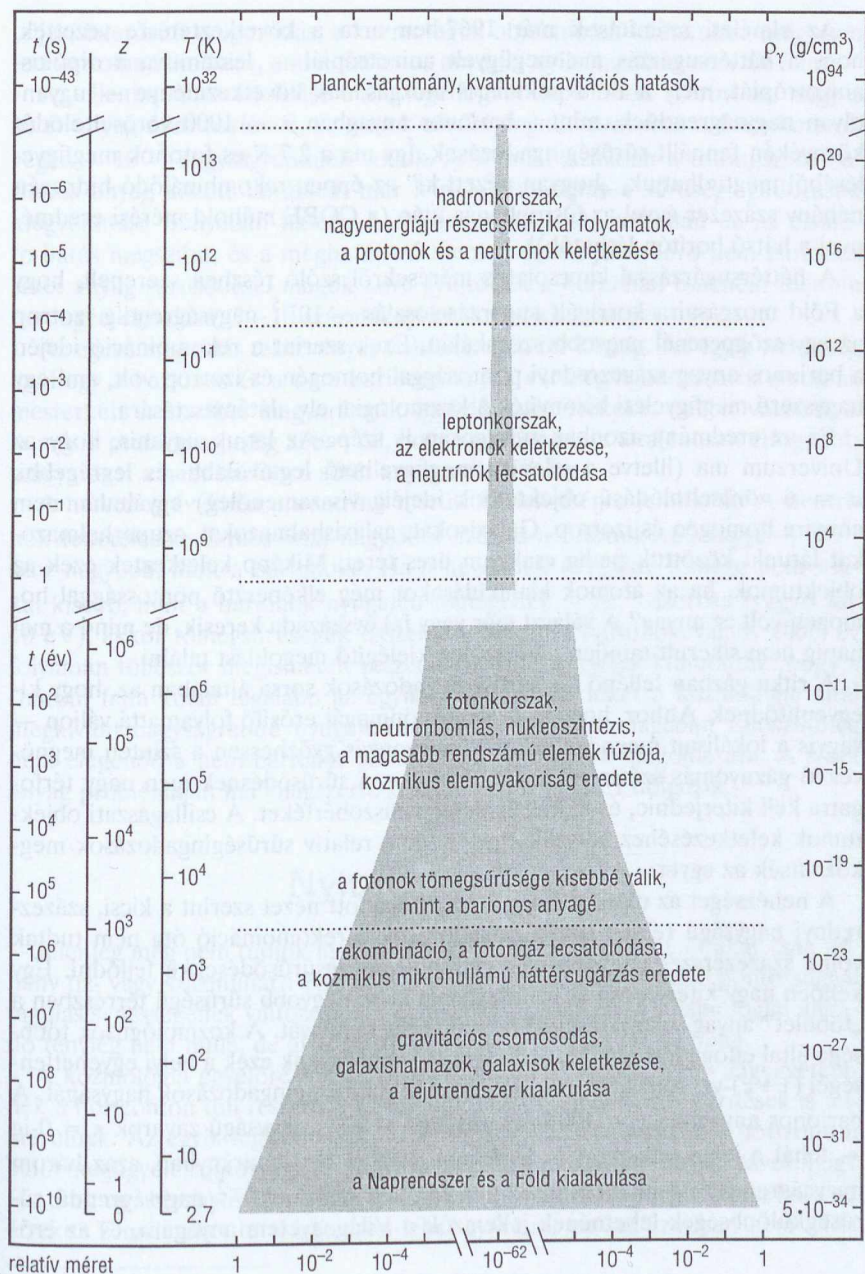
A rekombináció előtt a nagyrészt elektronok, protonok és hélium atommagok alkotta plazma valamint a fotongáz hőmérséklete egyforma volt, mert közöttük folyamatos energiacsere, kiegyenlítődés zajlott. A fotonok a sűrű plazma szabad elektronjaival mintegy rugalmasan ütközve (*Compton-szórással*) energiát tudtak átvinni egyik anyagfajtából a másikba.

Amíg a hőmérséklet egy bizonyos érték felett volt, addig az elektron és proton vagy elektron és atommag találkozásakor kialakuló semleges atomokat a sugárzás nagyenergiájú fotonjai vagy a plazma nagy sebességű részecskéinek ütközése azonnal újra ionizálta. Atomok tartósan csak azután maradhattak meg az Univerzumban, amikor a fotonok átlagos energiája — és a fotongázzal hőmérsékleti egyensúlyban lévő a plazma részecskéinek átlagos mozgási energiája — az ionizációs energia szintje alá csökkent. A hidrogénatomra ez az ionizációs energiaküszöb 13.5 eV.

A hidrogén–hélium gázkeverék néhány ezer K hőmérsékletre hűlve teljesen rekombinálódott. A rekombináció során elfogytak a szabad elektronok, amik a fotongáz és a részecskék közötti energiacserét és ezáltal az egységes hőmérsékletet biztosították. A ritkuló atomos anyag átlátszóvá vált a sugárzás számára. A rekombináció után az atomos gáz és a fotongáz már külön életet élt, a kettőre két különböző hőmérséklet volt jellemző. A fotongáz „önállósulását” a kozmológusok *lecsatolódásnak* nevezik. Ez a lecsatolódás a vöröseltolódás-skálán mérve $z \sim 1000$ -nél következett be. Ezután a fotongáz a (10) összefüggés szerint hűlt, és ma 2.7 K hőmérsékletű háttérsugárzásként figyelhetjük meg.

Azt mondhatjuk tehát, hogy a háttérsugárzás fotonjai a rekombináció befejeződése óta vannak úton a térben, és túlnyomó többségüknek jó esélye volt arra, hogy az Univerzum egyre ritkuló anyagával azóta ne lépjen kölcsönhatásba. Ez viszont azt jelenti, hogy a háttérsugárzás ma is az Univerzum $z \sim 1000$ körüli állapotáról, az anyag akkori eloszlásáról hordoz információt. Ha az akkori Világegyetem valamelyik részében a lecsatolódáskor sűrűbb volt az anyag, abból az irányból magasabb hőmérsékletű háttérsugárzást kell észlelnünk.

2.11. ábra (szemközti oldal). Az Univerzum fejlődéstörténete és fontosabb jellemzőinek változása sík (vagy ahhoz közeli) tér esetén



Az elméleti számítások már 1967-ben arra a következtetésre vezettek, hogy a háttérsugárzás ma megfigyelt anizotrópiái — leszámítva a dipólusanizotrópiát, mely a Föld pekuliáris mozgásának következménye — ugyanolyan nagyságrendűek, mint a barionos anyagban $z \sim 1000$ vöröseltolódás környékén fennállt sűrűségingadozások. Így ma a 2.7 K-es fotonok megfigyeléséből megtudhatjuk, „hogyan nézett ki” az éppen rekombinálódó hidrogén néhány százezer évvel az Ősrobbanás után (a COBE műhold mérési eredményei a hátsó borítón láthatók)!

A háttérsugárzással kapcsolatos mérésekről szóló részben szerepelt, hogy a Föld mozgásaira korrigált sugárzáseloszlás $\sim 10^{-5}$ nagyságrendig izotrop az egy szögpercnél nagyobb szögskálán. Ezek szerint a rekombináció idején a barionos anyag százezrednyi pontossággal homogén és izotrop volt, ami egy nagyszerű megfigyelési bizonyíték a kozmológiai elv alátámasztására.

Ez az eredmény azonban túlságosan is szép. Az látjuk ugyanis, hogy az Univerzum ma (illetve a jelenleg megfigyelhető legtávolabbi és legrégebbi, $z = 6$ vöröseltolódású objektumok idejéig visszamenőleg) egyáltalán nem ennyire homogén és izotrop. Galaxisokat, galaxishalmazokat, szuperhalmazokat látunk, közöttük pedig csaknem üres teret. Miképp keletkeztek ezek az objektumok, ha az atomok kialakulásakor még elképesztő pontossággal homogén volt az anyag? A választ már vagy fél évszázada keresik, de mind a mai napig nem sikerült minden tekintetben kielégítő megoldást találni.

A ritka gázban fellépő kis sűrűségingadozások sorsa általában az, hogy kiegyenlítődnek. Ahhoz, hogy a sűrűsödés önmagát erősítő folyamattá váljon — vagyis a lokálisan megnövekedett tömegvonzás győzhessen a szintén megnövekvő gáznyomás szétszóró hatása felett — a sűrűsödésnek igen nagy térfogatra kell kiterjednie, és el kell érnie egy küszöbértéket. A csillagászati objektumok keletkezéséhez az szükséges, hogy a relatív sűrűségingadozások megközelítsék az egyet.

A nehézséget az okozza, hogy a ma elfogadott nézet szerint a kicsi, százezrednyi nagyságú relatív sűrűségingadozások a rekombináció óta nem tudtak volna százezerszer nagyobb nagyságrendű anyagsűrűsödésekké fejlődni. Egy kellően nagy kiterjedésű és az átlagosnál kissé nagyobb sűrűségű térrészben a „többség” anyag lokálisan kissé lassítja a tér tágulását. A kozmológusok többsége által elfogadott elmélet szerint, a tér tágulásának ezek a helyi egyenetlenségei $(1+z)$ -vel fordított arányban növelik a sűrűségingadozások nagyságát. A barionos anyagban $z = 1000$ -nél meglévő $\sim 10^{-5}$ nagyságú zavarok $z = 0$ -ig — tehát a jelen pillanatig — legfeljebb $1001/1 \approx 10^3$ arányban, azaz három nagyságrendet növekedhettek volna. Így, ma csak $\sim 10^{-2}$ nagyságrendű sűrűségkülönbségek lehetnének jellemzők a Világegyetem anyagára, és az erő-

teljes, önerősítő zsugorodás, a kozmológiai objektumok kialakulása még nem tudott volna beindulni, ami a barionos anyagra nyilvánvalóan nem áll fenn.

Az ellentmondás feloldása a ma legelfogadottabb nézet szerint az, hogy a sötét anyag nem barionos, és ennek sűrűség-ingadozásai már a fotonkorszak végén $\sim 10^{-3}$ nagyságrendűek voltak. A fotonkorszakban a fotongáz és barionos anyag között korábban már leírt kölcsönhatás a sűrűség-ingadozások kiegyenlítése irányában hatott. A rekombináció után azonban ez az elsimító hatás megszűnt, és a meghatározó mennyiségben jelen lévő nem barionos sötét anyag sűrűsödései maguk köré gyűjtötték a korábban csaknem teljesen homogén eloszlású, 5–10 százaléknyi barionos kisebbséget.

Az egész megoldás tekervényes voltához nem fér kétség. Az egyik nehézség az, hogy a barionos és a nem barionos anyag sűrűség-ingadozásaira igencsak mesterkéltnak és további magyarázatot igénylő számértékeket kellett választani. A másik probléma pedig abban áll, hogy egyelőre nincs általánosan elfogadott magyarázat a nem barionos sötét anyag mibenlétére.

A hetvenes években a neutrínó merült fel lehetséges jelöltként. A neutrínók feltételezett darabszáma nagyjából azonos a fotonokéval, vagyis $\sim 10^8$ -szor nagyobb, mint a barionoké. Ha a neutrínók nyugalmi tömege nem sokkal kisebb, mint a barionok nyugalmi tömegének $\sim 10^{-8}$ -szorosa (vagyis kb. 10 eV), akkor tömegsűrűségük összehasonlítható a barionokéval. A 2000. év folyamán többször megismételt részecskefizikai kísérletek kimutatták, hogy a (három fajta közül legalább az egyik) neutrínónak lehet a kozmológia által megkívánt nagyságrendű nyugalmi tömege¹⁵, de ez önmagában valószínűleg nem elegendő a nem barionos sötét anyag rejtélyének megoldására. A sötét anyag problémáján ma világszerte számos kutatócsoport dolgozik.

Nyitott kérdések

Jelenleg még nem tudjuk megjósolni az Univerzum jövőjét — akár csak néhány tíz- vagy százmilliárd évre sem —, mert nem ismerjük kellő pontossággal tágulás sebességének változását. A tágulás gyorsulhat, ha a kozmológiai állandó tényleg nem nulla, de akár lassulhat is, ha a lambda mégis nulla.

A kozmológia egyelőre semmi biztosat nem tud mondani a Világegyetemnek a horizonton túli részéről. Ezzel kapcsolatban fontos elvi kérdések is felmerülnek. Az egyik legfontosabb, hogy meddig extrapolálhatók a horizonton belül megfigyelt sajátosságok? Akármeddig, vagy csak egy bizonyos távolságig? Ha csak egy bizonyos távolságig, akkor ezt mi határozza meg, és mekkora az értéke? Elméleteket természetesen lehet gyártani, ezeket azonban nem lehet

15. A napneutrínó-probléma megoldása című hír ebben a kötetben.

közvetlen megfigyelésekkel ellenőrizni, vagyis a horizonton túli világgal kapcsolatos kérdéscsoport nem válaszolható meg a fizika és a csillagászat módszereivel.

Az Ősrobbanás pillanatával és az „azt megelőző” dolgokkal kapcsolatban pedig még elméleti megfontolásokat sem tehetünk, mert a fizika eszközei nem alkalmasak ezek elméleti vizsgálatára.

Szerencsére azonban számos olyan kérdés van a kozmológiában, amelyek megoldásában, vagy a válaszok pontosításában a következő néhány év is hozhat számottevő eredményt.

Ma még nem lehetünk bizonyosak abban, hogy a kozmológiai elven alapuló – azaz a maximális szimmetriájú, homogén és izotrop Világegyetemet feltételező – Univerzum-modell teljesen helyes. A homogenitásról szóló részben szerepelt, hogy 100–300 Mpc-es skálán is léteznek inhomogenitások. Erre azt szokás mondani, hogy a megfigyelések alapján „nagy skálán átlagolva homogén az anyageloszlás”. Ez a „nagy skála” nyilván nagyobb, mint 300 Mpc – mondjuk a duplája –, viszont kisebbnek kell lennie a horizont távolságánál (6000–30 000 Mpc), hiszen nem átlagolhatunk nagyobb távolságra, mint az Univerzum megfigyelhető részének mérete. Ez a feltétel a mai megfigyelések szerint teljesül, de a legnagyobb inhomogenitások skálája a horizont távolságának csupán huszada-százada. Nem zárható ki az sem, hogy a jövőben elvégzendő, részletesebb és nagyobb távolságokig hatékony megfigyelések 300 Mpc-nél sokkal nagyobb skálán is fognak észlelni inhomogenitásokat.

Tisztázandó, hogy mi alkotja a sötét anyagot. Az eddig szóba került jelöltek a sötét anyag mennyiségének csak egy kisebb részére tudnának magyarázatot adni. Az elemek keletkezése kapcsán elmondott megfontolások és a háttér-sugárzásban tapasztalt izotrópia azt sugallja, hogy a sötét anyag inkább nem barionos jellegű lehet, de nem ismerünk semmiféle olyan részecskét, amiből ez a sötét anyag állhatna. A nehézségekhez az is hozzájárul, hogy ma még nem kielégítő pontosságúak azok az elméletek, amelyek a kozmikus struktúrák – galaxisok, galaxishalmazok, szuperhalmazok, „falak” – keletkezését leírják.

A kozmológia állandó konkrét értékére vonatkozó – megfigyeléseken alapuló – megállapítások az utóbbi néhány év eredményei. A mai ismereteink szerint $\Omega_A \simeq 0.7$, vagyis a lambda nem nulla és értéke pozitív előjelű. Ezzel a mennyiséggel kapcsolatban azonban az Einstein óta eltelt nyolc évtizedben igen szélsőségesen változtak a nézetek, ezért még ezt a kérdést sem tekinthetjük lezártnak.

A kozmológiai elméletek szempontjából fontos mennyiségek, a Hubble-állandó, az Univerzum átlagsűrűsége és a lassulási függvény ma még elég nagy hibával ismertek. A megfigyelési technikák rohamos fejlődése azonban az utóbbi néhány évben jelentősen pontosította ezeket az értékeket, és ezen a

téren a jelenleg folyó kutatások — elsősorban a *Sloan digitális égboltfelmérés*¹⁶ — további jelentős előrelépést ígérnek.

Irodalom

Könyvek

- [1.] ATKINS, P.: *Teremtés*, Gondolat, 1988.
- [2.] BARROW, J. D.: *A Világegyetem eredete*, Kulturtrade, 1994.
- [3.] DAVIES, P.: *Az utolsó három perc*, Kulturtrade, 1994.
- [4.] D'INVERNO, R.: *Introducing Einstein's Relativity*, Oxford, 1992.
- [5.] FERRIS, T.: *A vörös határ*, Gondolat, 1985.
- [6.] GRIBBIN, J.: *Az idő születése*, Akkord, 2000.
- [7.] HAWKING, S. W.: *Az idő rövid története*, Maecenas, 1989.
- [8.] KAUFMANN, W. J. III.: *Relativitás és kozmológia*, Gondolat, 1985.
- [9.] REES, M.: *A kezdetek kezdete*, Athenaeum, 1999.
- [10.] REES, M.: *Csak hat szám*, Vince, 2001.
- [11.] SZÉKELY L.: *Einstein kozmoszától a felfűvódó világegyetemig*, BTK, 1990.
- [12.] WEINBERG, S.: *Az első három perc*, Gondolat, 1983.

Cikkek

- [13.] BALÁZS B.–PAÁL GY.: A kozmológiai vöröseltolódásról, *Csillagászati évkönyv 1976*, Gondolat, 1975., 231. o.
- [14.] MARX GYÖRGY: Az Univerzum korai története, *Fizikai Szemle*, 1979/3.
- [15.] MARX GYÖRGY: Irreverzibilis univerzum, *Fizikai Szemle*, 1988/5.
- [16.] MARX GYÖRGY: Quintessencia, *Fizikai Szemle*, 2001/1.
- [17.] NÉMETH JUDIT: Kozmológia az ezredfordulón, *Fizikai Szemle*, 2000/9.
- [18.] PATKÓS ANDRÁS: A világegyetem állapotától a világegyetem történetéig, *Természet Világa*, 1992/3–4.
- [19.] Sötét anyag a világegyetemben, *Tudomány*, 1987/2.
- [20.] A Cosmic Background Explorer műhold, *Tudomány*, 1990/5.

16. Az Univerzum digitális térképe című hír ebben a kötetben.

Szatmáry Károly–Kiss László–
Mészáros Szabolcs–Vinkó József

Röntgen- és gammacsillagászat

A röntgen- és gammacsillagászat korunkban az asztrofizika egyik legdinamikusabban fejlődő területe. A legújabb csillagászati eredmények igen nagy része a röntgen- és gammasugárzás, összefoglaló néven a nagy energiájú elektromágneses sugárzás tartományában végzett megfigyeléseken alapul. Ezeken a hullámhosszakon egy egészen új világ tárul fel előttünk. Röntgen- és gamma-tartományban sokkal változatosabb a Világegyetem, mint a látható fényben: jelen van egy mindent betöltő háttérsugárzás, de emellett hirtelen, rövid kitörések történnek, új egzotikus égitesteket fedeznek fel a csillagászok. A teljes égbolt feltérképezése során nagyon sok olyan egyedi forrást találtak, melyek a Világegyetem legforróbb objektumai közé tartoznak, és máig sem ismert folyamatok során hihetetlenül nagy energiákat sugároznak ki. Kiderült, hogy az üstökösöktől a galaxishalmazokig szinte minden égitesttípus bocsát ki nagy energiájú sugárzást, és ezt elemezve jobban megérthetjük az objektumok felépítését, fejlődését.

A röntgen- és gammacsillagászat történetéről, eszközeiről, eredményeiről magyar nyelven is található sok információ (lásd az irodalomjegyzéket), és ezek többsége az Interneten is elérhető. A Csillagászati évkönyvben azonban összefoglaló cikk még nem jelent meg ebben a témában. Ezért nagyon röviden áttekintjük az alapismereteket, a hangsúlyt azonban a legújabb eredmények bemutatására helyezzük.

A sugárzás eredete

A nagyon forró, egymillió K feletti plazma hőmérsékleti sugárzása nagyrészt a röntgentartományba esik. Az így kibocsátott *termikus röntgensugárzás* jellegzetes forrásai a Nap és más csillagok koronája, a flerek, a szupernóva-maradványok, a fekete lyukak körüli anyagkorongok, a csillagrendszerek körüli hidrogénkorona, az aktív galaxisok és kvazárok, valamint a galaxishalmazok közötti diffúz, forró anyagfelhők.

Nem-termikus röntgensugárzás jön létre, amikor gyors elektronok erős mágneses térben mozognak. Ilyen források azok a kettőscsillagok, amelyek egyik

3.1. táblázat. Az elektromágneses spektrum nagy energiájú tartományai.

A röntgen- és gammasugárzás esetében nem a hullámhosszt, hanem a fotonok energiáját (E) adják meg az elektronvolt (eV) ezerszeres (keV) vagy milliószoros (MeV) egységeiben.

Az átszámítás: $E [\text{MeV}] = 1.24 \cdot 10^{-3} / \lambda [\text{nm}]$

elektromágneses tartomány	E MeV	detektor
ultranagy energiájú gamma	$>10^8$	ködkamra
nagyon nagy energiájú gamma	$10^4 - 10^8$	Cserenkov-számláló
nagy energiájú gamma	$30 - 10^4$	szikrakamra
közepes energiájú gamma	$10 - 30$	szikrakamra
alacsony energiájú gamma	$1 - 10$	szcintillátor
lágymgamma	$0.1 - 1$	szcintillátor
kemény röntgen (0.01–0.1 nm)	$0.01 - 0.1$	szcintillátor
lágymröntgen (0.1–10 nm)	$10^{-4} - 0.01$	proporcionális számláló
ultraibolya (10–380 nm)		fotólemez, PM-cső, CCD

komponense kis méretű, sűrű objektum: fehér törpe, neutroncsillag vagy fekete lyuk. A pulzárok gyakran villognak a rádió- mellett a röntgentartományban is (sőt, a *Geminga* nevű rejtélyes objektum a rádiótartományban nem is pulzál). A legerősebb mágneses terű neutroncsillagok új nevet is kaptak: *magnetárok*. Létezik egy közel izotrop, minden irányban egyenletes intenzitású, kis energiasűrűségű röntgen-háttérsugárzás is.

Röntgensugárzás keletkezik az *inverz Compton-szórás* során is. Ilyenkor a forró plazmán áthaladó fotonok a nagyon gyorsan mozgó elektronokon szóródva energiát kapnak az elektrontól, így az eredetileg rádió-, infravörös vagy látható tartományból a röntgenbe kerülnek. Ha nehéz atomok elektronjai magas energiaszintről egy belső, alacsony szintre ugranak, *vonalas röntgenemisszió* jön létre. Ilyen figyelhető meg a Nap és a szupernóva-maradványok sugárzásában.

Fékezési sugárzás keletkezik, amikor nagy sebességű elektronok más elektromos töltések, atommagok közelében haladnak el, és a töltés megváltoztatja az elektron sebességének irányát és nagyságát. Folytonos *szinkrotronsugárzás* pedig akkor alakul ki, ha szabad elektronok erős mágneses térben – neutroncsillagok, szoros kettősök körül – mozognak.

Gammasugárzásnak (önkéntesen) a 100 keV-nál nagyobb energiájú sugárzást nevezik. A felsorolt folyamatok nagyobb energiák esetén gammasugárzást eredményeznek. A gammatartományba esik az *elektron–pozitron annihiláció-jakor* keletkező két 511 keV energiájú foton is. Ez a jellegzetes emisszió sok forrásnál jelentkezik.

Mindezek alapján világos, hogy a nagy energiájú sugárzások tanulmányozása rendkívül változatos objektumtípusok vizsgálatát jelenti.

Detektorok, műszerek

Földünk atmoszférája — szerencsére — nem engedi át a nagy energiájú sugárzásokat. A röntgenfotonok ionizáló hatásuk miatt, a gammafotonok a Compton-szórás és a párkeltés miatt nyelődnek el a légkörben. Ezért ha kíváncsiak vagyunk az égitestek rövid hullámhosszú sugárzására, fel kell juttatnunk a műszereinket a légkörön túlra.

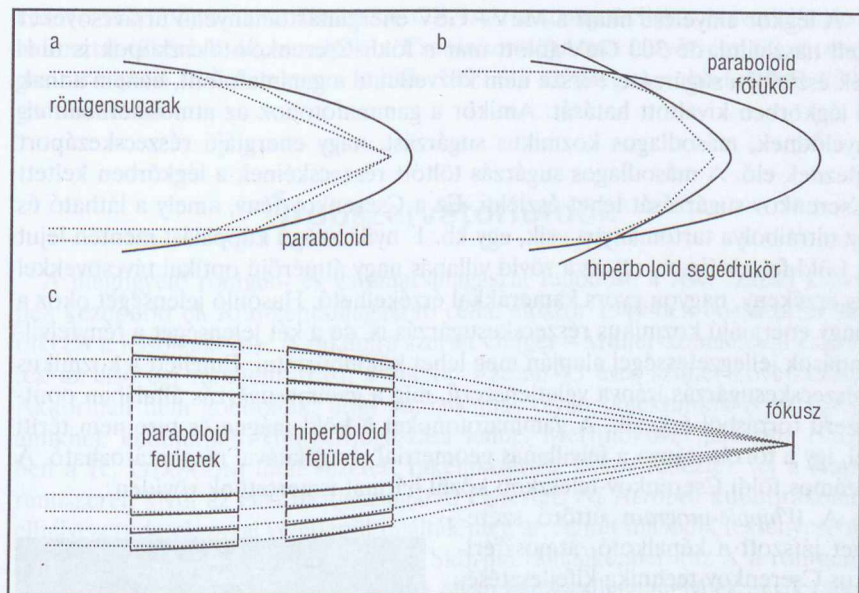
A látható fény, az infravörös és a rádióhullámok összegyűjtéséhez főleg homorú felületű tükröket, illetve parabolaantennákat használunk. A nagy energiájú fotonok ezeken áthaladnának, ezért kimutatásukra más módszereket kellett kitalálni ([1.], [2.], [6.], [7.]).

A röntgensugarak fókuszálhatók, ha a fotonok kis szög alatt, súroló beesséssel érkeznek egy jól felpolírozott fémfelületre. Az ilyen *Wolter-féle távcsövekben* koncentrikusan egymásba ágyazott, enyhén paraboloid és hiperboloid felületű vékony fémlemezek gyűjtik az érzékelőre a sugárzást (3.1. ábra).

A fókuszált röntgenfotonokat többféle módon is ki lehet mutatni. A detektorok a röntgensugárzás és a detektoranyag kölcsönhatása szerint csoportosíthatók. A *proporcionális számláló* egy nemesgázzal (általában argonnal vagy xenonnal) töltött kamra. A fémfólia-ablakba ütköző foton elektronokat lök ki annak anyagából. Az elektronokat a kamrában fenntartott erős elektromos tér gyorsítja az anód felé. Az elektronok a gáz atomjaival ütközve ionizálják azokat, vagyis további elektronokat keltenek, és így elektronlavina jön létre. Az anódra érkező áram erőssége arányos a beeső foton energiájával. A hatásfok és a spektrális felbontás az ablak és a gáz anyagának összetételével változtatható. Az irányérzékenység, a szögfelbontás speciális maszkokkal növelhető.

A ritkábban alkalmazott *kaloriméterekben* a röntgensugárzást elnyelő anyag felmelegedését mérik. Ez kis intenzitású sugárzás vizsgálatára természetesen nem alkalmas. A nagyobb energiájú fotonok detektálására szolgál a *szcintillációs detektor*. Ebben nátrium-jodid vagy cézium-jodid kristály van, amelyben a kemény röntgen- vagy lágy gammafoton látható vagy UV felvillanást okoz. A felvillanás hagyományos fotoelektron-sokszorozó csővel észlelhető. A még magasabb energiákon *szikrakamrákat* használnak. A nagy feszültségre kapcsolt ritka gázban a gammafotonból létrejövő elektron-pozitron pár nyoma mentén szikra képződik, amit kamerával rögzítenek.

A nagy energiájú sugárzás által keltett elektronok más módon is kimutathatók. Ha egy elektron gyorsabban mozog egy folyadékban vagy gázban, mint az



3.1. ábra. a) kis szögű visszaverődés paraboloid felületen; b) a Cassegrain-rendszer alkalmazása röntgensugarakra; c) a Wolter-féle röntgentávcső felépítése

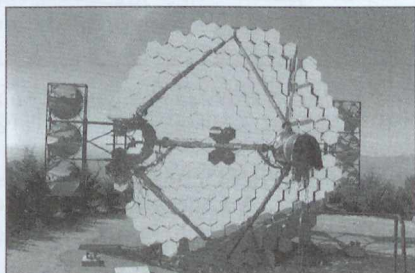
adott közegben érvényes fénysebesség, akkor a környező anyagban Cserenkov-sugárzást kelt. A Cserenkov-sugárzás a haladási irány körül egy kúp palástja mentén figyelhető meg. A kúp nyílásszöge a közegtől és az elektron sebességétől függ. A sebesség növekedésével a nyílásszög csökken. Az észlelhető fotonok számát az elektron sebessége, a közeg törésmutatója és a közegben megtett út hossza határozza meg. A fenti elv alapján működő Cserenkov-számláló a fénykúp nyílásszögének pontos meghatározásával lehetőséget ad a részecskék energiájának mérésére.

Az ultranagy energiájú gammafotonok észlelésére szolgálnak a *ködkamrák*. Ha egy túltelített gáz- és gőzkeveréket tartalmazó térben valami zavart hozunk létre, akkor ezen megindulhat a párakicsapódás. Ilyen „ködmagvaként” szolgálnak azok az ionok, amelyeket a gáztéren áthaladó ionizáló foton kelt a pályája mentén. A cseppek gyorsan megnőnek, és ezáltal láthatóvá válik a részecske pályája.

A legújabb, nagy energiájú tartományban működő űrteleszkópokat már *rácsos spektrográfokkal* látják el, amelyeknek az eddigieknél jobb a hullámhosszfelbontása. A *CCD-detektorokat* a nagy energiájú csillagászatban is széles körben alkalmazzák képalkotásra, ami egyre nagyobb térbeli felbontást, pontosabb pozíciómeghatározást tesz lehetővé.

A légkör elnyelése miatt a MeV–GeV energiatartományban űrtávcsöveket kell használni, de 300 GeV fölött már a földi Cserenkov-teleszkópok is tudják észlelni a sugárzást. Persze nem közvetlenül a gammafotont, hanem annak a légkörben kiváltott hatását. Amikor a gammafotonok az atmoszférában elnyelődnek, másodlagos kozmikus sugárzást, nagy energiájú részecskezápport idéznek elő. A másodlagos sugárzás töltött részecskéinek a légkörben keltett Cserenkov-sugárzását lehet észlelni. Ez a Cserenkov-fény, amely a látható és az ultraibolya tartományba esik, egy kb. 1° nyílásszögű kúppalást mentén lejut a Föld felszínéig, és ott ez a rövid villanás nagy átmérőjű optikai távcsövekkel és érzékeny, nagyon gyors kamerákkal érzékelhető. Hasonló jelenséget okoz a nagy energiájú kozmikus részecskesugárzás is, de a két jelenséget a fényfelvilágítások jellegzetességei alapján meg lehet különböztetni. Emellett a kozmikus részecskesugárzás iránya véletlenszerű, míg a gammasugárzás általában pontszerű forrásból érkezik. A gammafotonokat a Föld mágneses tere nem téríti el, így a forrás iránya a felvillanás geometriai vizsgálatával meghatározható. A számos földi Cserenkov-teleszkóp közül hármat ismertetünk röviden.

A *Whipple-program* úttörő szerepet játszott a képalkotó, atmoszférikus Cserenkov-technika kifejlesztésében. A Whipple Obszervatórium Dél-Arizonában van, a Mount Hopkins hegyen, 2000 m felett. Amerikai, ír és angol együttműködésben vizsgálják a nagyon nagy energiájú (100 GeV–10 TeV) gammatartományt. Az azimutális optikai reflektor 10 m átmérőjű paraboloid, amely 248 darab szabályos hatszög alakú szegmensből áll.



3.2. ábra. A Whipple Cserenkov-teleszkóp

Dél-Ausztráliában a *CANGAROO* (Collaboration of Australia and Nippon for a Gamma Ray Observatory in the Outback) nevű ausztrál–japán együttműködés szintén egy 10 m-es Cserenkov-teleszkópot használ, ennek felületét 114 darab 80 cm átmérőjű, kör alakú tükör alkotja (11. színes kép a mellékletben). A Cserenkov-fényt 552 db $1/2$ hüvelykes fotoelektron-sokszorozóból álló kamera fogja fel. A *CANGAROO–III* terv szerint 2003-ban már 4 darab 10 m-es távcsővel vizsgálják majd a 100 GeV-es tartományt. Ilyen „sztereo” módon még pontosabb lesz a gammaforrások feltérképezése.

Az 1988-ban indított német vezetésű *HEGRA* (High Energy Gamma Ray Astronomy) program berendezései a Kanári-szigeteken (La Palma) találhatók. A mozaiktükrös Cserenkov-távcsövek mellett szcintillátorok, fotoelektron-sokszorozók és Geiger–Müller-számlálók hálózata is működik ott. A MAGIC képalkotó teleszkóp 2001-től már az alacsonyabb energiá-

kon (<15 GeV) is használható. A GRAAL a spanyol Sierra Nevadában 63 heliosztát-tükörből áll, amelyek a Cserenkov-sugárzás fényét egy 60 m magas toronyban lévő detektorra vetítik. 1999 óta ez a legnagyobb felületű földi gammatávcső.

Űrobszervatóriumok

A megfigyelő röntgen- és gammacsillagászat fejlődése a XX. század közepén kezdődött el. Röntgencsillagászati céllal először 1949-ben bocsátottak fel rakétát a felsőlégkörbe. A rakétára szerelt Geiger – Müller-számlálóval észlelték az első égi röntgenforrást, a Napot. Ezután 13 éves szünet következett. Akkoriban nem gondolták, hogy vannak más olyan objektumok is az égen, amiknek kimutatható röntgensugárzása lenne. Mérföldkövet jelentett 1962-ben a R. GIACCONI által vezetett rakétakísérlet: ekkor fedezték fel a Naprendszeren kívül az első röntgensugárzó égitestet. Az *Aerobee* kutatórakétán elhelyezett detektorral véletlenül találták meg az égbolt második legfényesebb röntgenforrását, a *Scorpius X-1*-et a Skorpió csillagképben (az X a röntgensugárzás angol nevéből származik). Ez olyan kettőscsillag, melynek egyik tagja valószínűleg fekete lyuk. Az új eredmény hatására sorban indultak a felsőlégkörbe a ballonok. 1963-ban felfedezték, hogy a *Rák-köd* irányából is érkezik röntgensugárzás, majd 1966-ban kimutatták az *M87* galaxis gáznyúlványának sugárzását. A röntgenháttér felfedezése szintén a 60-as évek eredménye. A sikerek hatására megszülettek az első űrtávcső-tervek.

Az első, Föld körül keringő röntgencsillagászati távcső az 1970-ben pályára állított *Uhuru* volt. Proporcionális számlálói közel 400 röntgenforrást találtak az égen. Az *Uhuru* mérései alapján sikerült azonosítani forgó neutroncsillagot tartalmazó kettőseket, galaxisokat körülvevő röntgenhalót, Seyfert-galaxisokat és az Androméda-köd sugárzását. A hetvenes évek közepéig csak kisebb tömegű holdakkal végeztek méréseket. Ilyen volt a *SAS sorozat*, melynek hatodik holdjával már $15''$ -es pontossággal állapították meg a források helyét. Ennél pontosabb méréseket csak az olyan, nagy tömegű műholdakkal lehetett végezni, mint a NASA *HEAO* sorozatának három tagja. A hetvenes években felbocsátott holdak közül a második (*Einstein*) műhold műszerei már közvetlen képalkotást is lehetővé tettek.

Az első *HEAO* 1977-ben került pályára és 3 évig mért, főleg a $0.02-60$ keV tartományban, de voltak rajta gammadetektorok is. A felfedezett források között voltak flercsillagok, kvazárok, változócsillagok és a Cygnusban lévő „szuperbuborék” is. Az *Einstein* 1978 és 1981 között működött, 530 km magas pályán. Fő műszere egy 60 cm-es, 4 m fókuszu röntgentávcső volt. Főleg $0.15-$

4,5 keV tartományban dolgozott, 75'-es látómezővel és 3''-es felbontással. Az Einstein tízszeresére növelte az ismert röntgenforrások számát.

A HEAO sorozat után az amerikaiak jó ideig nem végeztek röntgencsillagászati méréseket. 1983-ben az ESA bocsátott fel újabb holdat *EXOSAT* néven. A hold pályájának perigeuma 350 km, apogeuma pedig 200 000 km volt, így a keringési idejének nagy részét a Föld sugárzási övezetein kívül töltött. A főműszer 0.04 és 2 keV között mért, a látómező 2°, a felbontás 10'' volt. Proporciónális számlálói 1.8–50 keV tartományban működtek. Számos gammafelvillanást, időszakos forrást, AM Herculis-rendszert és extragalaktikus röntgenforrást fedezett fel.

A Szovjetunió által a 80-as években felbocsátott *Asztron* nevű csillagászati műhold főleg az UV-tartományban mért, de elhelyeztek rajta egy röntgenspektrométert is.

1987-ben a japánok *Hakucho*, majd *Tenma* nevű távcsöve került Föld körüli pályára. A *Ginga* nevű japán hold fő műszerei 1.5 és 30 keV között voltak érzékenyek. Ezzel a holddal részletes mérések készültek az *SN 1987A* jelű szupernóva-robbanásról is. Szintén 1987-től a Mir űrállomás *Kvant-1* csillagászati moduljából is történtek röntgentartományban mérések (*HEXE*). 1989-ben bocsátották fel az oroszok a *Granat* műholdat, majd a németek az igen eredményes *ROSAT* holdat, melynek 83 cm-es távcsöve a korábbiaknál jóval érzékenyebb volt (főleg 0.1–2 keV között mért). A *ROSAT* 1990-ben került pályára, érzékenysége ötször, felbontása háromszor volt nagyobb, mint az Einsteiné.

A japánok *ASCA* nevű műholdja 1993-tól nyolc évig működött, 2001 márciusában tért vissza a Föld légkörébe. Jelenleg is méréseket végez a holland és olasz együttműködésben készült *BeppoSAX*, melyet 1996-ban bocsátottak pályára. Az *RXTE* távcső 1995 óta van fent és főleg neutroncsillagok és fekete lyukak röntgensugárzását vizsgálja.

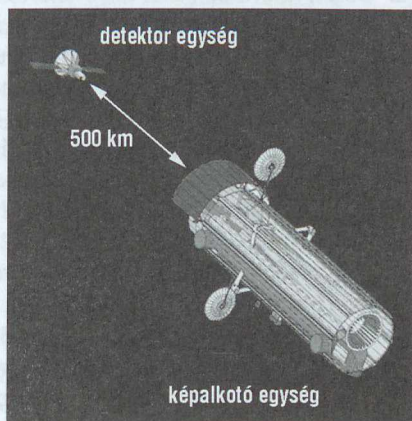
1999-ben két nagy jelentőségű röntgentávcsövet bocsátottak Föld körüli pályára. Az egyik a NASA által finanszírozott *Chandra*, a másik az ESA által készített *XMM-Newton*. A *Chandra* körülbelül olyan jelentőségű a röntgentávcsövek között, mint a Hubble-űrtávcső az optikai társai között. Felbontása fél ívmásodperc, ami közel egy nagyságrenddel jobb, mint a korábbiaké. A *Chandra* főleg kiterjedt források tanulmányozására alkalmas, ilyenek az aktív galaxismagok, a galaxisok központjaiban lévő fekete lyukak, vagy a neutroncsillagok környezete. Programját ötévesre tervezik, fő műszere 120 cm átmérőjű és 10 m fókuszú, tömege közel 14 tonna. Az *XMM* térbeli felbontása jóval gyengébb, alig 30'', de látómezeje 10-szer nagyobb, és spektrális felbontása is jobb, mint a Chandráé, ezért főleg általános térképezésre alkalmas.

2000 októberében bocsátották fel a *HETE-2* nevű űrtávcsövet, mely a gamma- és a röntgentartomány határán működik, előre tervezett élettartama

két év. A kifejezetten gammakitörések azonosítására és pozíciómeghatározására kifejlesztett műszerei a 0.5–400 keV tartományt fedik le. A szonda tömege mindössze 124 kg.

Az XMM–Newton után következő európai röntgenteleszkóp a *XEUS* (X-Ray Evolving Universe Spectroscopy Mission), amely elődjénél 250-szer érzékenyebb lesz. A NASA *Constellation–X* tervében négy röntgentávcső szerepel. Egy négyzet csúcaiban helyezkednek el, együttes teljesítményük százszorosa lesz az eddigi űrtávcsövékének. Főleg fekete lyukak és a sötét anyag felderítése lesz a feladatuk.

Az amerikaiak fantasztikus elképzelése a *MAXIM* (MicroArcsecond X-ray Imaging Mission). A röntgenforrások minden eddiginél részletgazdagabb feltérképezésére a rádió- és az optikai tartományban már jól bevált interferometriai módszert akarják alkalmazni. A tervek szerint egy 10 m hosszú, henger alakú tükörrendszerrel igen kis szögben egymás felé terelik a röntgensugarakat, amelyek egy 500 km-re(!) lévő detektor-egységnél hozzák létre az interferenciaképet (3.3. ábra). Így milliomod ívmásodperces felbontást szeretnének elérni, ami ezerszerese a VLBI rádióantenna rendszer és 100 000-szerese



3.3. ábra. A *MAXIM* interferometriai röntgenteleszkóp terve

HST felbontóképességének. Ezáltal a Tejútrendszer és a közeli galaxisok magjában lévő fekete lyukak eseményhorizontja is tanulmányozható lesz. Ilyen szögfelbontás mellett vizsgálható a Nap felszínén akár egy tányér méretű forró pont is, az alfa Centauri csillagon észrevehető egy 100 km-es folt, tanulmányozhatók az anyagbefogási korongok részletei, vagy a Magellán-felhők csillagainak felszíne.

A gammacsillagászat előélete korántsem olyan eseménydús, mint a röntgen-csillagászaté. A 60-as években nem készült műhold a spektrum e tartományának megfigyelésére, bár 1967-ben a *Vela* műholdak észleltek gammakitöréseket, de ezeket az eredményeket csak 1973-ban publikálták. Az első gammacsillagászati műhold a *SAS–2* volt, 1972-ben. Elvégezte az égbolt első feltérképezését a 20–200 MeV tartományban. Az ESA által készített *COS–B* 1975–77 között működött, mérései sokkal pontosabbak voltak, mint a *SAS–2*-é. 25 és 1000 MeV közötti tartományban mért, és 30' pontossággal állapította meg a források helyzetét. Összesen 26 gammaforrást talált, köztük a 3C273 kvazárt.

A *HEAO* sorozat tagjai is végeztek megfigyeléseket a lágy gamma tartományban. Orosz és amerikai űrszondákon (*Venyera*, *Pioneer–Venus*) is helyeztek el gammadetektorokat, melyek közel 140 gammakitörést regisztráltak. A 80-as évekből csak az amerikai *SMM* műhold érdemes említésre, amely főleg a napflerek gammasugárzását figyelte. 1990-ben bocsátották fel a *Gamma–1* nevű holdat, mely a 100 MeV körüli tartományban elkészítette az égbolt pontosabb gammatérképét.

A nagy áttörést az 1991-ben pályára állított 17 tonnás *Compton Gamma-sugár Obszervatórium* (CGRO) hozta. A műhold kilenc évig működött, ez idő alatt közel 2500 gammakitörést detektált, nyolcszor többet, mint amennyit előtte összesen találtak. Emellett felfedezett 400 új gammaforrást. A Compton 2000 júniusában semmisítették meg, visszahozva a Föld légkörébe.

Az orosz vezetéssel, nemzetközi (köztük magyar) partnerekkel tervezett *SXG* (Spektrum-Röntgen-Gamma) űrteleszkóp felbocsátása régóta csúszik, 2001 tavaszán még csak tesztelték a berendezéseket. Az ESA–NASA–orosz együttműködésben fejlesztett *Integral* (International Gamma-Ray Astrophysics Laboratory) gamma-űrtávcsövet 2002 áprilisában állítják majd pályára.

A „gyorsabb, olcsóbb, jobb” programok közé tartozik az olaszok *AGILE* (Astro-rivelatore Gamma a Immagini Leggero) kisméretű gammateleszkópja. Ez 2003-tól végez majd méréseket a 30 MeV–50 GeV tartományban.

A NASA tervei között szereplő *Swift* nevű távcső 2003-ban indul. Három éves programjában elsősorban a gammafelvillanások tanulmányozása szerepel. A fontosabb röntgen- és gammacsillagászati űrtávcsövekről összefoglaló található az évkönyv táblázatos részének végén.

A Naprendszeren belül

A Nap nagy energiájú sugárzásának vizsgálata, a napkitörések nyomon követése olyan fontos a földi élet számára, hogy speciális, csak ezt figyelő műholdakat bocsátottak fel. Az *Ulysses*, a *Yohkoh*, a *SOHO* és újabban a *HESSI* rengeteg új információval gazdagította ismereteinket a Napról. Mivel ezekről az eredményekről napfizikusaink folyamatosan hírt adnak a Meteor és az évkönyv lapjain (pl. [5.], [10.]), e cikk keretében a témával nem foglalkozunk.

A *Mars Odyssey* űrszonda 2001 végén ért a Marshoz és pályára állt körülvette. Számos fedélzeti műszere között két neutrontetektor és egy gamma-spektrométer is van, amelyek lehetővé teszik sokféle kémiai anyag kimutatását a marsi talajban. Hasonló módon térképezte fel a *Lunar Prospector* a Holdon például a tórium eloszlását. A mérési elv azon alapul, hogy a kozmikus sugárzás (szupernóvákból és a Napból származó nagy energiájú töltött részecskék)

hatására a talajban lévő anyagok atommagjaiból gyors neutronok lépnek ki, amelyek más atomokkal ütközve gammafotonokat gerjesztenek. A marsfelszín felső rétegéből érkező neutronok alapján következtetni lehet a talajban lévő hidrogén mennyiségére is. Mivel a hidrogén főleg víz formájában van jelen, ezzel a módszerrel végeredményben a víz előfordulása térképezhető fel.

A gammacsillagászati célokra kifejlesztett detektorok kisebb változtatásokkal a Földön is hasznosíthatók. Daganatos betegeknek gyorsan elbomló radioaktív anyagot injekciónak be, ami gammasugarakat bocsát ki. A tumorokban felhalmozódó anyag kimutatható, így elkerülhetők a felesleges műtétek.

Meglepőnek tűnhet, de az üstökösöknek is van lágy röntgensugárzása (8. színes kép a mellékletben). Erről részletesen írt cikkében TÓTH IMRE ([9.]). Bár az elméleti okok még nem teljesen tisztázottak, a következő lehetőségek merültek fel a röntgensugarak eredetére: töltéscsere a napszél és a nehéz üstökös-ionok között, nagyon erős mágneses viharok az üstökösnél, a Nap röntgenfényének szóródása nagyon kis méretű (2–3 nm) porszemcséken és gázon, fluoreszcencia (gázban), fékezési sugárzás.

A Chandra űrtávcső

A Chandra röntgentávcsövet a Columbia űrrepülőgéppel állították Föld körüli pályára 1999 júliusában (6. színes kép a mellékletben). A S. CHANDRA-SEKHAR asztrofizikusról elnevezett űrtávcső első évének eredményeiről olvashatunk SZABADOS LÁSZLÓ cikkében ([8.]), valamint gyakran szerepel a téma a *Meteor* és a *Csillagászati évkönyv* újdonságok rovataiban.

A Chandra kétségkívül minőségi változást hozott a röntgensillagászatban. Harmincszor jobb felbontású képeket tud készíteni, mint bármelyik korábbi röntgenműszer, ugyanakkor detektorainak érzékenysége minden eddiginél halványabb röntgenforrások tanulmányozását is lehetővé teszi. Az egyik legkorábbi Chandra-kép megmutatta azt az objektumot, ami valószínűleg a *Cassiopeia A* szupernóva-maradvány már hosszú ideje keresett neutroncsillaga lehet, kb. 11 000 fényévre tőlünk. Ezt megelőzően rádió-, optikai és a korábbi röntgenteleszkópok serege kereste ezt a csillagtetemet, ám a Chandra előtt kudarcba fulladt minden azonosítási kísérlet.

Röntgensugarak mindenütt

Nagyon sok csillagász számára a röntgensugárzás jelöli meg a legizgalmasabb pontokat a Világegyetemben. A röntgenfotonok nagyságrendekkel nagyobb energiájúak, mint az optikai társaik, továbbá a röntgenszínkép ezerszer szélesebb energiasávot fog át, mint a szivárvány színeivel kijelölt optikai

tartomány. A röntgensugarakat általában olyan kataklizmikus események kel-
tik, mint a csillagok robbanásai, vagy az anyag közel fénysebességű örvénylése
szélsőségesen erős gravitációs térben. A nagy energiájú röntgenfotonok ráa-
dásul a galaxisok magját körülvevő porfelhőkön is át tudnak hatolni, amire a
látható fény nem képes. Éppen ezért furcsának tűnhet, hogy ezek a nagy át-
hatolóképeségű fotonok (a mi szerencsénkre) teljes mértékben elnyelődnek
a földi légkörben.

A Chandra felfedezései erre az igen fiatal tudományterületre rendkívül in-
tenzíven és azonnal hatottak. Nézzük egy példát! A tudósok már GIACCO-
NI rakétakísérlete óta tudták, hogy az Univerzum minden irányából diffúz
röntgensugárzás, a röntgen háttérsugárzás detektálható. Azt azonban senki
sem tudta megmondani, hogy ez a háttér valamilyen ritka, forró gáztól, vagy
egyedi galaxisok sokaságától származik-e. A Chandra mérései öt hónap után
megadták a választ. Egymástól függetlenül három kutatócsoport is arra hasz-
nálta a Chandrát, hogy az ég különböző területein nagyon hosszú expozíciós
idejű felvételeket készítsen. Ezek a megfigyelések ezernyi, különálló forrásra
bontották fel a röntgenhátteret. A források egy része minden bizonnyal egy
eddig ismeretlen objektumtípus képviselője, legtöbbjük azonban olyan galaxis,
amelynek magjában hatalmas tömegű fekete lyuk található. A fekete lyukat sűrű
porburok veszi körül, amely csak a röntgen- és az infravörös tartományban
látszik át. Ezek a galaxisok olyan halványak és távoliak, hogy látható fényben
még a Hubble-űrtávcső, vagy a Keck-teleszkópok sem képesek érzékelni őket.
A Chandra adatai azt sugallják, hogy a korábbi optikai felmérések nagyon
alábecsülték a galaxisokban található aktív fekete lyukak arányát. Ez óriási
felfedezés, ami régi rejtélyt oldott meg.

Ezek a fekete lyukak a korai Univerzumban jöhettek létre, amikor hatal-
mas gázfelhők sűrűsödtek össze a gravitáció hatására. A több millió, esetleg
több milliárd naptömegnyi anyagot tartalmazó fekete lyukak mindössze ak-
kora térfogatot töltenek ki, mint a mi Naprendszerünk bolygókat tartalmazó
része. A fekete lyukba spirális pályán bezuhanó anyag befogási korongot ké-
pez, aminek belső tartományai több millió fokos hőmérsékletre hevülve erős
röntgensugárzást bocsátanak ki.

De mi volt előbb, a fekete lyukak vagy a galaxisok? Milyen szerepet ját-
szottak ezek az egzotikus objektumok a galaxisok kialakulásában és fejlődésé-
ben? A Chandra jó úton halad a kérdések tisztázása felé, habár valószínűleg
még ez a röntgenobszervatórium sem lesz képes egyértelmű válaszokat ad-
ni. A Chandra pontos koordinátamérései sokat segítenek a távoli objektumok
egyértelmű optikai azonosításában is. Összevetették a Chandra pontforrása-
it az optikai megfelelőekkel, és azt találták, hogy a Világegyetem egy adott
korszakában az összes galaxismagbeli fekete lyuknak kb. 10%-a az, ami ép-
pen begyűjti a körülötte keringő gázfelhők anyagát. Ezek nagyjából 1 milliárd

évig aktívak, ami jóval hosszabb idő, mint korábban gondolták. A fekete lyuknak kb. 15%-a az Univerzum eddigi élettartamának második felében vált aktívvá. Mindez arra utal, hogy a kozmológiai „közelmúltban” is voltak még aktív galaxismagok, ez pedig nehezen egyeztethető össze a széles körben elfogadott képpel, hogy az aktív galaxismagok csak a korai Univerzumban, a galaxisok kialakulásakor és kezdeti erős kölcsönhatásaik eredményeképpen léteztek. Valószínűleg más folyamatok is felelősek lehetnek kialakulásukért, ám ezek természete jelenleg még ismeretlen.

A galaxisok magjában lévő óriási fekete lyukak észlelése addig viszonylag könnyű, amíg aktív anyaggyűjtő fázisban vannak. A Chandra lehetőségei azonban kiterjednek a közelünkben található magányos és „normális” tömegű fekete lyukak kimutatására is.

Csillagtetek

A legnagyobb tömegű csillagok élete II. típusú szupernóva-robbanásban ér véget, ami után jó eséllyel egy 3–20 naptömeg közötti tömegű fekete lyuk marad. Éppen ezért a Tejútrendszerben milliányi ilyen viszonylag kisebb fekete lyuknak kell lennie. Hol vannak ezek?

A kutatók 2001 elején közvetlen megfigyelési bizonyítékokat mutattak be, amelyek igazolják az eseményhorizont, a fekete lyukat a mi világunktól elválasztó határfelület létét. Ezen a határon az anyag csak belépni tud, visszajönni már nem. Egy tucatnyi röntgenkettőst tanulmányoztak a Chandra segítségével. Ezek olyan kölcsönható kettőscsillagok, amelyekben a főkomponens neutroncsillag vagy fekete lyuk, amely a kisebb tömegű másodkomponenstől anyagot szív el. Anyagbefogási korong jön létre (az aktív galaxismagokhoz hasonlóan), és a korongban kialakuló magas hőmérséklet okozza a röntgensugárzást. Ha az akkréciós korong közepén neutroncsillag van, akkor a korongból behulló anyagnak a neutroncsillaggal való ütközése során is röntgenkitörések történnek. A vizsgált esetben azonban azt találták, hogy az akkréciós korong befelé valóban egyre forróbb, egyre erősebb a röntgensugárzás, de a korong közepén nincsenek röntgenkitörések, hanem ott az anyag egyszerűen eltűnik a röntgenszemű megfigyelő elől – következésképpen ott nem neutroncsillag van, hanem fekete lyuk.

Az *XTE J1118+480* jelű kettőscsillag egy hét naptömegnyi fekete lyukból és egy sárga törpéből áll. Az anyagbefogási korong belső szélé mintegy 1000 km-re van a fekete lyuk eseményhorizontjától. Hasonló objektum az *RXTE* űrtávcsővel vizsgált *GRO J1655–40* rendszer. Ott 100 km-nél is közelebb keringhet a korong anyaga a fekete lyukhoz, amely másodpercenként 450-szer fordul meg a tengelye körül.

A Chandra, a HST és földi rádiótávcsövek megfigyelései alapján részletesen vizsgálták a 12 milliárd éves 47 *Tucanae* gömbhalmazt (3.4. ábra). Az abban található kettőscsillagok nagy része olyan, hogy egy Napunkhoz hasonló csillag és egy kompakt objektum, fehér törpe vagy neutroncsillag alkotja. Utóbbi erős gravitációja anyagot szippant át a normál csillagról, ami rázuhan, és ekkor röntgensugárzás jön létre.

A Chandra a fekete lyukak kutatásának újabb fejezetét is megnyitotta, jelesül a közepes tömegű fekete lyukak vizsgálatát. Már 1999-ben, az ASCA és ROSAT röntgenműholdak mérései utaltak arra, hogy léteznek olyan fekete lyukak is, amelyek félúton helyezkednek el a csillagtömegű és a nagyon nagy tömegű fekete lyukak között. A Chandra egy évvel később igazolta ezek létét. Az M82 galaxis magjától nagyjából 600 fényévre találtak egy olyan röntgenforrást, amely egy legalább 500 naptömegű fekete lyuk. Ezt a tömegbecslést az objektum abszolút fényessége alapján tették, amit pedig az határoz meg, hogy mennyi anyagot fog be az akkréciós korongján keresztül. A Chandra kitűnő felbontásának köszönhetően megbizonyosodhattak arról, hogy az észlelt röntgensugárzás valóban egy pontforrásból érkezik. Ha az objektum 100 000 naptömegnél nehezebb lenne, akkor már rég elnyelte volna a galaxis magja. Így tömegét tekintve ez az égitest jóval felülmúlja a nagy tömegű csillagok pusztulásával keletkező fekete lyukakat, azonban messze elmarad a galaxisok magjában található óriási fekete lyukaktól.

2001 januárjában felvetették annak a lehetőségét, hogy közepes tömegű fekete lyukak keletkezhetnek hipercsillagok segítségével (ezek akár 100 naptömeget is elérő csillagok). Hipercsillagok még a galaxisok kialakulása előtt jöhettek létre, majd a pusztulásukkal kiváltották a kisebb csillagok első generációjának képződését, valamint létrehozhattak olyan, nagyobb tömegű fekete lyukakat, amiket a galaxisok magja maga köré vonzott. Közben kölcsönös ütközéseikkel kialakíthatták a ma megfigyelt közepes tömegű fekete lyukakat. A Csápok kölcsönható galaxispár megfigyelései közben néhány olyan pontszerű röntgenforrást fedeztek fel, amelyek 100 naptömegnél nagyobbak lehetnek. Így mára a közepes tömegű fekete lyukak vadászata lett a röntgencsillagászat egyik legnépszerűbb sportja.



3.4. ábra. A Chandra felvétele a 47 *Tucanae* gömbhalmaz központi vidékéről 2000 márciusában

A Chandra egyik újabb célpontja volt a 8 millió fényévre lévő *NGC 253* galaxis. A mag körül legalább négy nagyon erős röntgenforrás látszik. Valószínűleg a mag felé mozognak és bele fognak zuhanni. Hasonló, rendkívül nagy luminozitású, pontszerű röntgenforrásokat találtak az M82 galaxis központi részén (9. színes kép a mellékletben), amelyek valószínűleg fekete lyukaknál kialakuló forró gáználáboktól származnak.

A Chandra felbontása lehetővé teszi, hogy a csillagászok a fekete lyukak aktivitásának időbeli változásait is tanulmányozhassák. 2000 májusában a Chandra egy 1.5 millió km/órás sebességű kifűjást észlelt az *NGC 3783* galaxis magja körül, amit a központi fekete lyuk körüli térség sugárnyomása váltott ki. Miközben a fekete lyuk akkréciós korongjában több millió fokra melegszik fel a gáz, intenzív sugárzása hatással van a távolabbi gázfelhőkre, amelyeket a sugárnyomás elkezd kifelé hajtani. A Chandra által felvett röntgenspektrum magas ionizációs állapotú oxigén, neon, magnézium, szilícium, kén, argon és vas jelenlétéről árulkodik.

A Chandra egy másik észlelése a híres *3C273* kvazárról árult el újdonságokat. A felbontása ahhoz is elég volt, hogy megkülönböztethessük a galaxis magjából, illetve az azt közel fénysebességgel elhagyó jetből származó röntgensugarakat.

Kicsit közelebb hozzánk, a Chandra figyelme a 26 000 fényévnire levő saját galaxismagunkra irányult. A Tejútrendszer magjában található a *Sgr A** rádióforrás egy 2.6 millió naptömegnyi fekete lyuk. A Chandrát és az ASCA-t használó kutatók arra voltak kíváncsiak, mi történik a *Sgr A** környékén. Kiderült, hogy most nyugalomban van, ám az 1900-as évek elején kb. egymilliószor intenzívebb röntgenforrás lehetett, mint ma. Egy kutatócsoport a *Sgr A Kelet* nevű objektumot figyelte meg, ami a *Sgr A** melletti szupernóva-maradvány. Úgy találták, hogy a szupernóva-robbanás lökéshulláma kb. 100 évvel ezelőtt nagy mennyiségű gázt juttathatott a *Sgr A** térségébe. Egy másik csoport szerint ezt alátámasztja a *Sgr B2* forrás, amely éppen 100 fényévre található a *Sgr A**-tól, és mint egy tükör, most veri vissza felénk a 100 évvel ezelőtti aktivitás hatásait.



3.5. ábra. Az *NGC 253* galaxis optikai képe és magjának környéke a röntgensugárzás tartományában

Csillaghalál és -születés

A Chandra leglátványosabb felvételei a Tejútrendszerben lévő, közeli szupernóva-maradványokról készültek. A *Cassiopeia A* volt az első ilyen objektum, amelyet megvizsgált. A maradvány közepén felfedeztek egy pontszerű sugárforrást, ami valószínűleg a robbanás után megmaradt neutroncsillag. Az ezzel foglalkozó kutatócsoport azóta készített egy csaknem 14 órás expozíciót. Ennek segítségével azt kívánják eldönteni, hogy valóban a robbanásért felelős csillag maradványa-e az a pontforrás.

Más csoportok a Cas A-t övező gázhéjat vizsgálták meg röntgentartományban, elemezve a ledobott gázfelhő kémiai összetevőit. Feltérképezték a vas, a szilícium, a kén és a kalcium térbeli eloszlását, valamint összmenyiségét. A Chandra megfigyelései azzal a meglepő eredménnyel szolgáltak, hogy a kalcium, a nikkel és a vas nem egyenletesen oszlott szét a robbanás felhőjében, hanem nagyobb csomókban maradt. Különösen a vas eloszlása mutat érdekes, gyűrű alakú szerkezetet. A vas az egykori csillag életének legutolsó fázisában keletkezett a csillagmagban. Érdekes módon azonban ez a vas messze leelőzte a csillag belsejében még felette elhelyezkedett elemeket, és mára már a felhő legkülső tartományaiban jár. Az elméleti szakemberek még csak most kezdenek el „hümmögni” a kérdés felett: mi okozhatta ezt az első pillantásra igen furcsa, szelektív eloszlást?

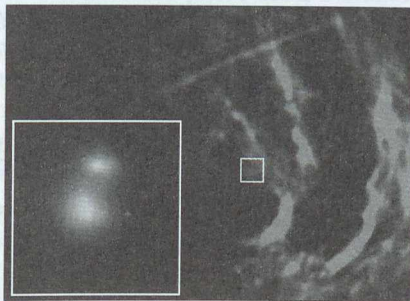
A minden csillagász szívében előkelő helyet elfoglaló *Rák-köd* volt a második megvizsgált szupernóva-maradvány. Az 1054-ben megfigyelt robbanás óta eltelt közel 1000 év alatt a köd kitágult, de még mindig erősen sugároz mindenféle hullámhosszon. A Chandra a köd belső részeit vizsgálta meg, és kb. egyharmad fényévnnyire a központi pulzártól igen érdekes gyűrűs és szálas szerkezeteket talált. Ezekért valószínűleg a pulzár mágneses terében csaknem fénysebességre felgyorsult elemi részecskék a felelősek. A Chandra előtt a csillagászok számára nem volt világos, hogy egy alig 15–20 km-es neutroncsillag hogyan képes gerjeszteni egy 6 fényév átmérőjű ködöt. Az újonnan felfedezett gyűrű valahogyan átjuttatja a pulzár energiáját a külső gázfelhőbe, habár a pontos mechanizmus még nem világos.

Az *SN 1987A* szupernóva a színekép látható tartományában a Nagy Magellán-felhő rendkívül látványos objektuma volt. A robbanás kezdeti röntgenvillanása után a maradvány 13 éven keresztül meglehetősen szerény röntgenforrás volt. Az utóbbi egy évben azonban, az elméleti jóslatoknak megfelelően, a helyzet alapvetően kezd megváltozni, és az *SN 1987A* ismét a röntgencsillagászok kedvelt célpontja lett.

A Chandra 1999 októberében és 2000 januárjában figyelte meg az *SN 1987A*-t. Ez utóbbi alkalommal látták a kutatók az első jeleit annak, hogy a szupernóva-robbanás lökéshulláma elérte a szülőcsillag által évezredekkel eze-

lőtt ledobott anyagfelhőt, és elkezdte azt felmelegíteni, aminek következtében röntgensugárzás is keletkezik. Most vagyunk először tanúi egy szupernóva-maradvány keletkezésének. Az elkövetkező években a lökeshullám felmelegíti az egész anyaggyűrűt, ami így a röntgenben az egyik legfényesebb szupernóva-maradvánnyá válhat.

1999. december 16-án a Chandra először észlelt egy gammafelvillanást a röntgentartományban is. Egyesek szerint ez egy *hipernóva-robbanás*, aminek észlelését az elméleti szakemberek már régóta várták. Az Ős-robbanás óta a gammafelvillanások az Univerzum legnagyobb energiájú robbanásai, de az okuk ma még nem ismert. Nagyon sok elképzelés látott már napvilágot, ezek közül az egyik szerint egy 100 naptömeg körüli csillag magjának összeomlása, majd az egész csillag szétrobbanása állhat a jelenségek egy részének hátterében.



3.6. ábra. Az Ívek (Arches) csillaghalmaz infravörös (HST) és röntgen (Chandra) kombinált felvétele, a környező gázfilamentumok rádióterképével

A gammafelvillanás helyét két nappal később célba vették a Chandrával. Ekkor mutatták ki először a vas emissziós vonalait egy gammafelvillanás spektrumában. A vas a nagy tömegű csillagok magjában keletkezik, és felépülése után rövidesen bekövetkezik a szupernóva-robbanás. Így a megfigyelt vas-emisszió arra utalhat, hogy a jelenséget egy nagyon nagy energiájú szupernóva-robbanás okozta.

Még a legfiatalabb csillagok is igen erős röntgenforrások lehetnek. A közelmúlt felfedezése, hogy a protocsillagok helyét olyan röntgensugárzás jelzi, amelyet a Nap flerjeinél tízszer forróbb és százszor-százezerszer fényesebb plazma kelt. Ezek a szuperflerek már jóval a nukleáris fúzió beindulása előtt jelentkeznek a protocsillagokban. Egy kutatócsoport a ρ Ophiuchi molekula-felhőjében tucatnyi olyan protocsillagot azonosított, amelyeket a korábbi érzéketlenebb röntgentávcsövek még nem tudtak kimutatni, az optikai tartományban pedig nem látszanak a sűrű porburkon keresztül.

A Tejútrendszer magjától alig 100 fényévre van egy csillaghalmaz, amelyben mintegy 150 fiatal, 1–2 millió éves, forró csillag zsúfolódik össze egy kb. 1 fényév méretű térrészben. A Chandra felvételeiből (3.6. ábra) kiderült, hogy a csillagok egy szokatlanul magas hőmérsékletű, 60 millió fokok gázfelhőbe ágyazódnak, amely röntgenben erősen világít. Ez megerősíti azt az elméleti feltételezést, hogy a nagy tömegű csillagokról elinduló intenzív csillagszelek egymással ütközve nagyon forró gázfelhőt hozhatnak létre.

A Chandra első két éve megmutatta a lehetőségeket és a korlátokat. A legnagyobb visszhangot kiváltó mérései valószínűleg a kozmológiai jelentőségű kérdésekkel lesznek kapcsolatosak: a kvazárok, galaxishalmazok és forró plazmák vizsgálata ígéretes területnek látszik. 2001 márciusában elkészült a *Chandra Deep Field*, összesen 280 óra (11.6 nap) expozícióval. Ezen minden eddiginél messzebb lévő röntgenforrások, alighanem kvazárok látszanak, valódi természetük még homályban van.

Az XMM–Newton űrtávcső

A Newtonról elnevezett űrtávcsőről (10. színes kép a mellékletben) és első évének eredményeiről olvashatunk PERJÉS ZOLTÁN cikkében [7.], valamint gyakran szerepel a Meteor és a Csillagászati évkönyv újdonságok rovataiban is.

Az első megfigyelésekből áttörésként értékelhető mérési eredmények születtek az aktív galaxisok, csillagok ritka plazmaburkaival (koronaival), a fekete lyukak anyagbefogási korongjaival és a szupernóva-maradványok sugárzásával kapcsolatban. Az XMM–Newton detektorai érzékelték a jelenleg ismert legtávolabbi kvazár röntgensugárzását.

Az XMM–Newton egyik leglátványosabb eredménye egyben a legellentmondásosabb is. Két aktív galaxis kis energiájú röntgenspektruma nem egyeztethető össze az ezen objektumokról jelenleg uralkodó képpel. A legtöbb csillagász eddig úgy gondolta, hogy a központi, nagy tömegű fekete lyukat ezekben a galaxisokban egy viszonylag forró, a befogási korongból kidobott anyagfelhő veszi körül. Mivel ezek a felhők alig néhány fényhónapnyira találhatók a fekete lyuktól, tanulmányozásukkal betekinethetünk az aktív galaxismagok legbelsőbb régióiba. Az XMM–Newton spektrumai azonban nem mutatják ezt a meleg, abszorbeáló közeget, hanem közel fénysebességgel mozgó szén, nitrogén és oxigén jelenlétére utalnak. Ezeknek az elemeknek az emissziós vonalai a fekete lyuktól legfeljebb néhány fénynapnyira keletkeznek, ezért a spektrumvonalak eltolódnak, kiszélesednek és eltorzulnak. Mindaddig csak a vas vonalaiban tudták ezeket a torzulásokat kimutatni, és senki nem gondolta, hogy más elemeknél is jelentkezhet a jelenség. A mérések értelmezésében a kutatók éles vitákat folytatnak, és várják az újabb adatokat.

Az XMM–Newton többi felfedezése kevésbé vitatott. Ezek új fényt vetettek a kvazárok színeképében látható széles emissziós vonalakra, valamint a csillagok koronájának röntgenspektrumára. Utóbbi kapcsán még a Nappal való összehasonlítás is szolgált meglepetésekkel. Régóta ismert, hogy a napszél és a korona kémiai összetétele drasztikusan különbözik a fotoszféra összetéte-

létől. A könnyen ionizálható elemek (vas, nikkel, magnézium) erős feldúsulást mutatnak azon elemekkel szemben, amelyeket nehezebb ionizálni (neon, nitrogén, oxigén). Az elképzelések szerint az ionok különböző módon reagálnak a Nap mágneses terének gyorsító hatására, ám a részletek nem világosak. A Chandra és XMM–Newton mérései meglepő módon azt mutatták ki, hogy bizonyos csillagok koronájában éppen fordított a kémiai elemek feldúsulásának iránya! A jelenség oka jelenleg ismeretlen.

Egy másik figyelemreméltó mérés az *SDSS 1044–0125* kvazárhoz kötődik, amely $z = 5.8$ vörösetolódásával a jelenleg ismert legtávolabbi kvazárok egyike. Erről ugyan spektrumot nem sikerült felvenni, hiszen összesen 30 db foltot sikerült detektálni, és ez éppen tízszer kevesebb volt, mint amennyit a számítások alapján vártak.

A tudósok úgy gondolják, hogy a kvazárok magjában is egy nagy tömegű fekete lyuk van, ami egy befogási korongon keresztül begyűjti a környezete anyagát. Nem ismert, hogy hogyan keletkeznek ezek az óriási tömegű fekete lyukak, illetve a befogás folyamatának részleteit is homály fedi. Minél távolabb van egy kvazár, annál kevesebb idő telt el az Ősrobbanástól az általunk megfigyelt állapotáig, és annál kevesebb idő állt rendelkezésre a nagy tömegű fekete lyuk kialakulására. Egy adott pontnál, bizonyos számítások szerint $z = 10$ környékén, már annyira régmúltba tekintünk vissza, hogy addig egyszerűen nem lehetett idő a fekete lyukak létrejöttéhez. A távoli kvazárok röntgenképét felveszik a Chandrával, utána pedig megpróbálják rögzíteni spektrumukat az XMM–Newton-nal. Egyelőre fontos kérdés, hogy miért olyan halvány az *SDSS 1044–0125*, aminek kiderítése talán rávilágít a kvazárok magjában fellépő anyagbefogási folyamatokra.

Gammakitörések

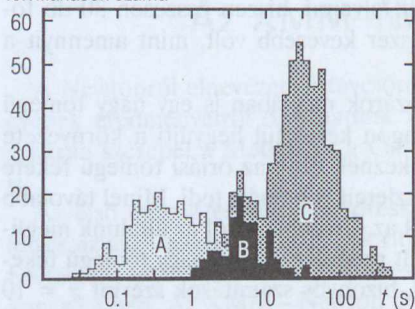
A gammacsillagászat fő kutatási területe a rövid időtartamú, óriási energiakibocsátással járó pontszerű felvillanások (Gamma-Ray Burst, GRB) vizsgálata. Az 1997-ig terjedő időszokról, a CGRO űrobszervatórium szenzációs méréseiről PATKÓS LÁSZLÓ összefoglaló cikkéből tájékozódhatunk [6.].

Korábban úgy gondolták, hogy a gammakitörések egyenletesen oszlanak el az égen (7. színes kép a mellékletben). Nyitott kérdés azonban, hogy vajon ez minden kitörésre érvényes-e. MÉSZÁROS ATTILA (Prágai Egyetem) és magyar kollégái a kitörések között nemrég egy olyan alcsoport nyomaira bukkantak, amelynek tagjai anizotrop elhelyezkedésűek¹.

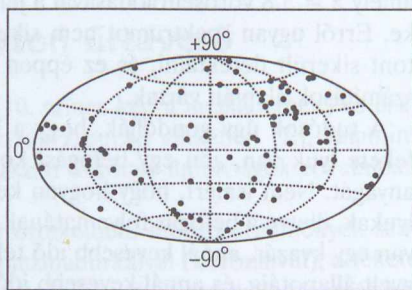
1. Lásd *Napjaink kozmológiája* című cikkünket.

Régóta ismert, hogy a gammakitörések időtartamuk szerint két nagy csoportra oszlanak (3.7. ábra). Eszerint vannak rövid kitörések 0.3 s körüli gyakorisági maximummal, és hosszabbak 30 s körüli maximummal. HORVÁTH ISTVÁN és töle függetlenül egy indiai kutató nemrég egy 5 s körüli időtartamú, harmadik csoport nyomait is megtalálta a CGRO BATSE detektorának adataiban. Mészáros és kollégái most rájöttek, hogy ezek a közepes időtartamú kitörések anizotrop eloszlást mutatnak az éggömbön (3.8. ábra). Sajnos az eddigi adatok nem teszik lehetővé ezen források távolságának behatárolását.

felvillanások száma



3.7. ábra. A gammakitörések kétfélék: vannak rövidek (A) és hosszúak (C). Ezenkívül nyoma van még egy közbülső populációnak (B)



3.8. ábra. A közbülső populációt jelző gyenge kitörések eloszlása az éggömbön, a negyedik BATSE-katalógus alapján, galaktikai koordinátákban. A katalógus az 1996 óta megfigyelt kitöréseket tartalmazza

A gammakitörések mibenlétére sok elmélet született. A rövid felvillanások valószínűleg neutroncsillagok vagy fekete lyukak ütközésével magyarázhatók, míg a hosszabbak talán Ib és Ic típusú szupernóva-robbanások során jönnek létre. Találtak néhány többször kitörő objektumot is, ezeket valószínűleg a Tejútrendszerünkben lévő neutroncsillagok felszínére hulló anyag okozza.

Amerikai csillagászok bebizonyították, hogy a legrövidebb időtartamú kitörések kozmológiai távolságokból és egészen másfajta forrásból származnak, mint a „klasszikus” felvillanások. A kitörések többsége véletlenszerűen oszlik el az éggömbön, de néhány, amelyek időtartama 100 ms vagy még kevesebb, az ég egyik oldalára, csaknem pontosan a Cygnustól az Ursa Majorig és a Taurusig terjedő területre csoportosul. Más kitörésektől eltérően a legrövidebbek statisztikailag nem mutatják az idődilatació jeleit, amelyet az Univerzum tágulása okoz. (Az időeltolódás volt az első világos utalás arra, hogy a legtöbb kitörés rendkívül messze van.) Ráadásul, a legrövidebb felvillanások energiaspektruma a nagyobb energiájú gammasugarak felé tolódik, amilyeneket a többi kitörés általában nem tartalmaz. Nincs válasz arra a kérdésre, hogy

ket a többi kitörés általában nem tartalmaz. Nincs válasz arra a kérdésre, hogy mik lehetnek a forrásobjektumok, ha sugárzásuk csak az égbolt egyik feléről érkezik, hiszen semmilyen ismert égítéstípus nem követ ilyen eloszlást.

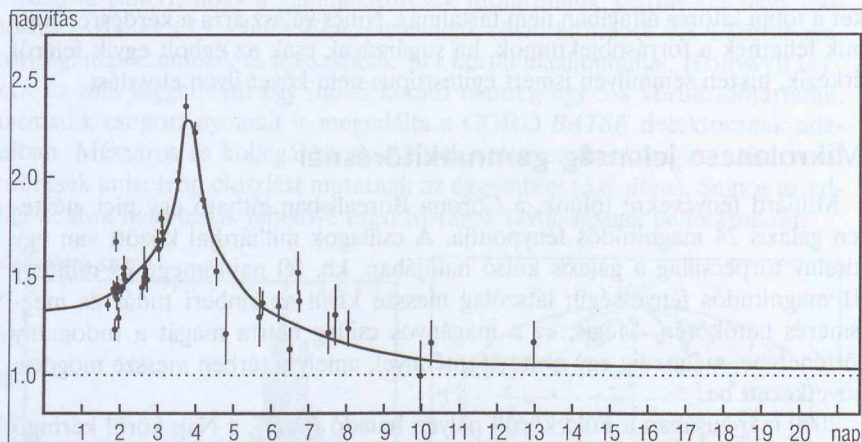
Mikrolencse jelenség gammakitörésnél

Milliárd fényévekre tölünk, a Corona Borealisban látható egy pici, névtelen galaxis 24 magnitúdós fénypontja. A csillagok milliárdjai között van egy kicsiny törpecsillag a galaxis külső halójában, kb. fél naptömegű és mintegy 51 magnitúdós fényességű; látszólag messze kívül az emberi tudás és megismerés hatókörén. Mégis, ez a magányos csillag beírta magát a tudomány történetébe, mégpedig egy olyan eseménnyel, amely a térben messze mögötte következett be.

2000 márciusában a Föld körüli pályán haladó *RXTE*, a Nap körül keringő *Ulysses*, és az Eros kisbolygónál lévő *NEAR* űrszonda mindegyike észlelt egy 10 másodpercig tartó gammakitörést. A következő napokban földi optikai, infravörös és rádiótávcsövekkel is sikerült megfigyelni a *GRB 000301C* jelű objektumot. A HST és a Keck II színeképfelvételei alapján a vöröseltolódása $z = 2.04$. Ez azt jelenti, hogy tőlünk kb. 10 milliárd fényévyire történt a robbanás, akkor, amikor az Univerzum életkora még csak kb. 20%-a volt a mainak.

A gammakitörést széles hullámhossztartományban utánfénylés követte. Két nappal később egy 20 magnitúdós, látható fényben bekövetkezett villanását amatőr csillagászok is észlelték. A kutatók az ezután következő hetekben figyelemmel kísérték az utánfénylés lecsengését. A viselkedését szerfelett különösnek találták. Néhány napi halványodás után felfényesedett egy kicsit – egyenlő mértékben minden hullámhosszon – mielőtt ismét gyengülni kezdett a fénye. Ilyen jelenségeknél ez teljesen szokatlan. Az utánfénylést a kitöréssel majdnem egy irányban, de hozzánk sokkal közelebb lévő előtércsillag gravitációs tere erősítette fel. A kitörés és az utánfénylés vélhetően egy, a mi irányunkba „célzott”, közel fénysebességű anyagkidobódásból származik.

A legnagyobb távcsövekben ez az utánfénylés a relativisztikus hatások miatt nagyon kicsi, fényes gyűrűként jelent meg, amely látszólag a fénysebességnél is gyorsabban tágul. Meghatározták, milyen fajta gravitációs lencse okozná a gyűrű megfigyelt fényességtorzulását. Egy a megfigyelő és a kitörés között félúton elhelyezkedő, teljesen közönséges, fél naptömegnyi csillag erre csak akkor képes, ha a közelében van egy galaxis, mint ez esetben az említett 24 magnitúdós. Amint a gyűrű szétterjedt, egyik oldala felnagyítva látszott, amint beúszott a csillag mögé, és mintha ez a – jobb oldali – rész minden



3.9. ábra. A gammakitörés utáni napokon az utátfénylés egy gravitációs lencse hatásának megfelelő módon növekedett. A folytonos vonal azt a felfényesedést mutatja, amelyet egy fél naptömegű, a kitöréstől kb. fele távolságban lévő csillag okozhatott

hullámhosszon egyformán torzult volna el. A gyűrű szélessége 10%-a volt a sugarának, összhangban az elméleti várakozásokkal.

Ilyen távoli alakzatok megfigyelésére nincs más mód, mint a mikrolencse jelenség, amelynek segítségével a szögfelbontás milliomod ívmásodpercnél is jobb volt. Az utátfénylés-gyűrű vizsgálható felbontása ahhoz hasonló, mintha egy itt látható „o” betűt a Hold távolságából fel tudnánk ismerni. Az olyan új űrtávcsövek, mint a HETE–2 és a Swift, sok lehetőséget adnak majd a gammakitörés-utátfénylések tanulmányozására. A mikrolencse-fókuszált gammakitörések során kapott, kiváló minőségű, nagy hullámhossztartományt lefedő adatok elemzése használható eszköz lehet a GRB-utátfénylések fizikai szerkezetének kutatásában, mégpedig mikroívmásodperc alatti felbontással.

A gammakitörések vizsgálata a csillagászat új, önálló és nagyon gyorsan fejlődő fejezete. Széles körű nemzetközi együttműködés valósul meg, hiszen a felvillanások rövidek, a lehető legtöbb műszerrel kell a lehető leghamarabb megfigyelni őket. A *GRB Coordinates Network* (GCN) internetes adatbázis feladata: azonnali híradás a gammakitörésekről az összes űreszköz mérései alapján, részben az optikai tartományban való nyomon követés céljából.

A nagy energiájú csillagászat forradalmi változásokat hozott és hoz majd a Világegyetem megismerésében. Csupán ízelítőt tudtunk nyújtani a témakörben, küzdve a bőség zavarával. A szokásosnál hosszabb irodalmi és honlap lista alapján tájékozódhat az Olvasó a részletekről.

Irodalom

- [1.] ALMÁR IVÁN: *Csillagászat a légkörön túlról*. ELTE jegyzet, Tankönyvkiadó, 1990.
- [2.] ALMÁR IVÁN–BOTH ELŐD–HORVÁTH ANDRÁS ÉS MUNKATÁRSAIK: *SH atlasz, Űrtan*. Springer Hungarica Kiadó, 1996. 166–173. o.
- [3.] BARLAI KATALIN: Röntgensugárzás gömbhalmazokban. *Csillagászati évkönyv 1981*, 130–152. o.
- [4.] ILL MÁRTON: Röntgensillagok. *Csillagászati évkönyv 1977*, 177–201. o.
- [5.] KÁLMÁN BÉLA: A SOHO első eredményeiből. *Csillagászati évkönyv 1998*, 126. o.
KÁLMÁN BÉLA: A SOHO első eredményeiből II. *Csillagászati évkönyv 1999*, 141. o.
KÁLMÁN BÉLA: A SOHO eredményei és problémái. *Meteor*, 1999/9. 28–33. o.
- [6.] PATKÓS LÁSZLÓ: A gamma bursterek. *Meteor*, 1997/2. 6–14. o.
- [7.] PERJÉS ZOLTÁN: Az XMM röntgenműhold. *Élet és Tudomány*, 2000/8. www.sulinet.hu/eletestudomany/archiv/2000/0008/xmm/azxmmr.htm
- [8.] SZABADOS LÁSZLÓ: Mit lát a röntgenszemű Chandra? *Természet Világa*, 2000/11. www.kfki.hu/~cheminfo/TermVil/tv2000/tv0011/chandra.html
- [9.] TÓTH IMRE: Az üstökösök lágy röntgensugárzása – új felfedezés a Hya-kutake és a Hale–Bopp kapcsán. *Fizikai Szemle*, 1998/7. sunserv.kfki.hu/fszemle/archivum/fsz9807/toth.html
- [10.] VAN DRIEL-GESZTELYI LÍDIA: Milyen a Nap röntgen fényben? (Yohkoh). *Csillagászati évkönyv 1994*, 157–166. o.
- [11.] WANJEK, CHRISTOPHER: Chandra delivers; HARRUS, ILANA: XMM–Newton makes its mark. *Mercury* 2001. március–április. www.aspsky.org/mercury/ezone/zine30_02/chandragallery/index.htm

Magyar nyelvű honlapok az Interneten:

- A Szegedi Csillagvizsgáló lapjai (e cikk, képekkel, valamint a témához kapcsolódó angol nyelvű honlapok listája): www.jate.u-szeged.hu/obs
 Az ELTE Csillagászati Tanszék lapjai: astro.elte.hu/news/cikkek/Chandrah.html
 Az Origo tudományos hírei: www.origo.hu/tudomany/
 Az AKG szakkörének lapjai: supernova.agk.hu/highe/index.htm

Fűrész Gábor

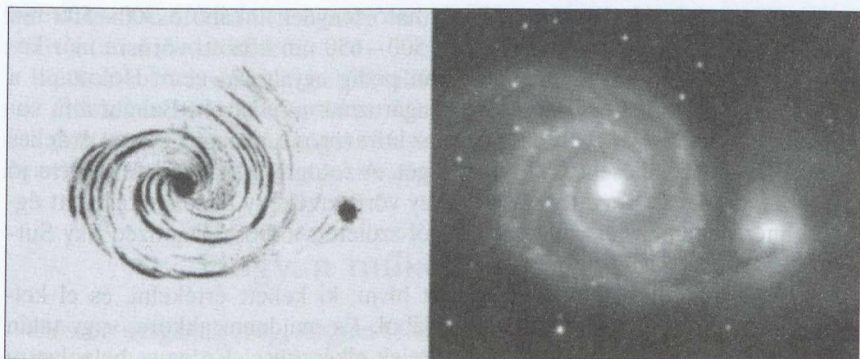
CCD-kamerák a csillagászatban

Egy letűnt korszak, a fotográfia

A bevezetőnek szánt fejezet címe korántsem a fotografikus technika érdekeit akarja kibővíteni, pusztán arra utal, hogy a XXI. század csillagászati megfigyeléseinek eszköztárából immár majdnem kiszorultak a fotolemezek. Ennek a csillagászatban több mint 150 éve megjelent technikának megszámlálhatatlan sok felfedezést köszönhetünk, s ezt nem feledtetheti a fejlődés sem. Túllépve a fotográfián a CCD-kamerák korszakába lépett a megfigyelő csillagászat. A cikk a CCD eszközöket próbálja meg kissé közelebbről megismertetni az Olvasóval. Annak érdekében, hogy meg tudjuk ítélni a modern kor digitális technikájának előnyeit, ismerkedjünk meg röviden a csillagászati fényképezés történetével és jellemzőivel!

A csillagászati megfigyelések nagyon sokáig csak leírások, egyszerűbb rajzok formájában maradtak fent, többé-kevésbé magukon viselve a megfigyelő képességeinek és ismereteinek korlátait. Érdemes összevetni a távcső történetének korai szakaszában készített rajzokat a későbbi fényképekkel, hogy lássuk, sokszor igen szubjektívek voltak ezek a megfigyelések. Az első csillagászati fénykép, a JOHN W. DRAPER által 1840 márciusában elkészített holdfotó, minőségi változást hozott: teljesen kizárta az emberi szem és agy esetleges tévedéseit, a megfigyelők kezűgyességének fogyatékoságaiból eredő hibákat. Mivel az akkoriban alkalmazott *dagerrotípiák* igen érzéketlenek voltak, egy évtizedig még csak a Holdat és a Napot örökítették meg. A Nap képét elsőként FOUCAULT és FIZEAU rögzítette 1845 áprilisában. 1850 júliusában elkészült az első igazi asztrofotográfia, melyen 100 másodperces expozícióval a Vega képét sikerült rögzíteni.

Ettől kezdve azonban rohamosan fejlődött a fényképezés, egyre érzékenyebbek lettek a fotolemezek, s hamarosan olyan halvány objektumok képe is kirajzolódott az ezüsthalogenid kristályokkal borított üveglemezeken, amelyeket szemmel soha nem pillanthattak meg a csillagászok. A csillagászati fényképezés segítségével rengeteg felfedezés történt, ezek közül nekünk, magyaroknak talán az egyik legszebb a *Lyra-gyűrűsköd* központi csillagának lefényképezése, mely GOTHARD JENŐ nevéhez fűződik. A nagy látómezejű Schmidt-



4.1. ábra. Az M51 galaxis Lord Rosse rajzán és egy CCD-felvételen

távcsövekbe helyezett — akár 40 cm-es méretű — fotolemezek segítségével egyetlen képen, nagy határfényességgel és felbontással, hatalmas égboltterületeket lehetett rögzíteni, ami lehetővé tette az égbolt fotografikus feltérképezését. A CCD-technika e tekintetben lemarad a fotográfia mögött, ugyanis a CCD-detektorok képezőfelülete ma még alig éri el a 10×10 cm-t.

Röviden tekintsük át, milyen okok vezettek ahhoz, hogy a csillagászati fényképezés helyett ma már más eszközöket használnak¹.

Az emberi szem minden száz beérkezett fotonból átlagosan egyet tud hasznosítani, a fotolemezek ezzel szemben 3–4-et. Emellett a fotolemezekre lehet órákon át exponálni, sőt, akár több egymást követő napon is gyűjthetjük ugyanarra a lemezre a fotonokat. Ennek a technikának azonban van egy igen hátrányos tulajdonsága, amit reciprocitási törvényként ismerünk. Ez röviden annyit jelent, hogy a fotolemezen létrehozott változás, a feketedés nem egyenesen arányos a megvilágítási idővel, vagyis a felvétel határfényessége nem lineárisan nő az expozíciós idővel. Átlagos fotoemulzióknál alig néhány másodperc vagy perc az az időtartomány, amelyben az egyenes arányosság még teljesül, s utána már egyre hosszabb expozíció kell egységnyi határfényesség-növeléshez. Hiába épültek olyan óriástávcsövek, mint a Palomar-hegyi 508 cm tükörátmérőjű Hale-teleszkóp, több órás expozícióval is csak $22\text{--}23^m$ fényességhatárt lehetett elérni.

1. A CCD-k valójában nem a fotográfiát váltották fel. A csillagászati adatok jelentős része (pl. a fotometriában) fotoelektromos mérések eredménye, tehát lineáris, de nem képalkotó detektorral keletkezett. Az utolsó néhány évtizedben a fotografikus megfigyeléseket nagy látómezejű távcsövekkel végezték, statisztikus célokkal, érdekes objektumok kiválogatására. (a szerkesztő megjegyzése)

Emellett a legtöbb fotoemulzió a látható fénynek inkább a 300–500 nm közötti kék tartományára érzékeny, az 500–650 nm közötti vörösre már kevésbé, a közeli infravörös tartományban pedig egyáltalán nem. Holott pl. a hatalmas hidrogénfelhők igen erősen sugároznak a hidrogén Balmer-alfa vonalának hullámhosszán, 656 nm-en, és az infravörös tartomány is igen érdekes és értékes megfigyelésekre ad lehetőséget. A fotografikus korszakból erre jó példa a Palomar Observatory Sky Survey vörösérzékeny lemezre készített égboltfelmérése, amelynek digitalizálásából született a DSS (Digitized Sky Survey) elektronikus csillagterkép.

Az elkészült fotókat még elő kellett hívni, ki kellett értékelni, és el kellett raktározni későbbi feldolgozás céljából. Ez majdnem akkora, vagy talán még nagyobb munka volt, mint a felvételek elkészítése! Érdemes beleolvasni *A sötétség bolygója* című könyvbe, amit a Plútó felfedezője, CLYDE W. TOMBAUGH írt. Ebben személyes élményei alapján tárja az olvasó elé, mit is jelent több ezer fotolemezt egy mikroszkóp segítségével, szemmel, négyzetmilliméterenként átvizsgálni.

A fotográfia hanyatlásában és az új technikák térhódításában nagy szerepe volt az űrkutatásnak is. Egy Holdra küldött szonda ugyanis hiába készít fényképeket, azokat nem tudja visszajuttatni a Földre. Az első orosz holdszondákon még elhelyeztek egy kisebb fotólabort, a szonda által készített fotókat előhívták, majd egy feketedésmérővel pontról pontra letapogatták a kész fényképet, és az így nyert adatokat rádióon továbbították a Földre. Nyilvánvalóan ez a technika igen bonyolult, egyáltalán nem hatékony és a mozgó alkatrészek miatt nagyon sok a hibalehetőség. Egy bolygószondánál pedig teljesen elképzelhetetlen ezeknek az eszközöknek az esetleges javítása vagy pótlása.

A hold- és bolygószondák számára kínálkozott egy jó megoldás: az elegendően fényes objektumok a XX. század második felében már megörökíthetők voltak a tévékamerák segítségével, az elektromos jelekké alakított képet pedig könnyen lehetett rádióhullámok útján továbbítani. (Pl. a NASA *Voyager* (1977.) szondáin is tévékamerák működtek.) Ezek a *vidikon képcsőre* alapult technikák erős megvilágítást igényelnek, ezért a halványabb objektumok megfigyelésére teljesen alkalmatlanok. A hetvenes



4.2. ábra. Az első CCD-kamera és megalkotói

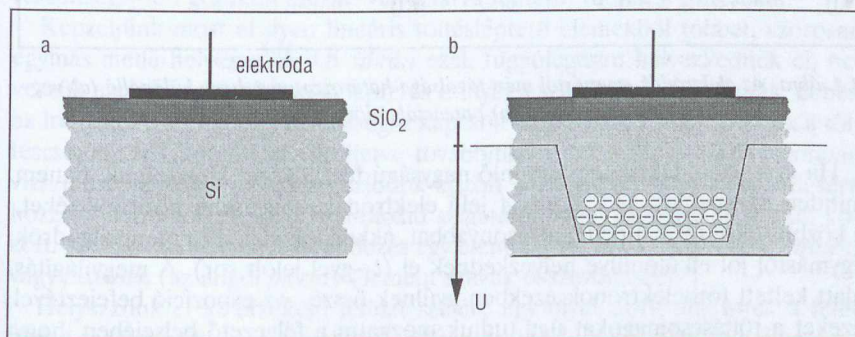
évek elején azonban már javában dolgoztak a Bell Laboratóriumok munkatársai egy olyan eszközön, amelyről akkor még ők maguk sem sejtették, hogy

forradalmat indít el a képrögzítés technikájában, és lassan kiszorítja a fotográfiát a tudományos életből.

Elérkeztünk hát a három betű által fémjelzett technikához, a CCD-hez. Annak érdekében, hogy megértsük, mit is takar pontosan a *Charge Coupled Device* (töltéscsatolt eszköz) angol szavak kezdőbetűjéből összeállított rövidítés, ismerkedjünk meg a CCD-chípek felépítésével, működési elvével!

Hogyan működik a CCD?

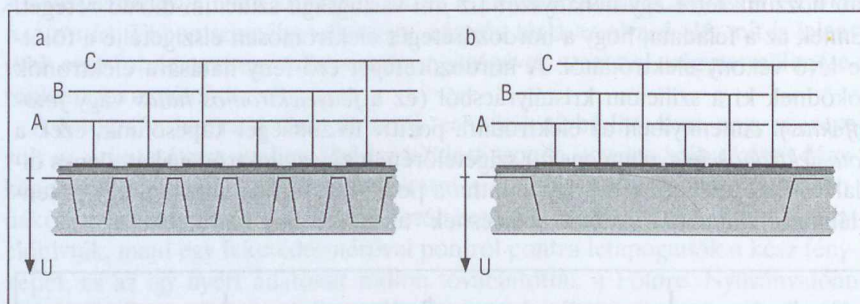
Először vizsgáljuk meg, hogyan lehet csapdába ejteni az elektronokat egy szilíciumlapkában (4.3a ábra). Egy szilíciumlapka (hordozóréteg) egyik oldalán hozzunk létre egy néhányszor tíz μm vastagságú szilícium-dioxid réteget. Ennek az a feladata, hogy a hordozóréteget elektromosan elszigetelje a fölötte lévő vékony elektródától. A hordozóréteget érő fény hatására elektronok lökődnek ki a szilícium kristályrácsból (ez a *fényelektromos hatás* vagy *fotoeffektus*). Amennyiben az elektródára pozitív feszültséget kapcsolunk, ezek a *fotoelektronok* felgyülemlenek a szigetelőrétegnek az elektródával átellenes oldalán. Elképzeltethetjük ezt úgy, mintha a pozitív elektróda hatására egy potenciálgödör alakulna ki, amibe „beleesnek” az elektronok (4.3b ábra).



4.3. ábra. Egy CCD keresztmetszete (a) és a töltések tárolása potenciálgödörben (b)

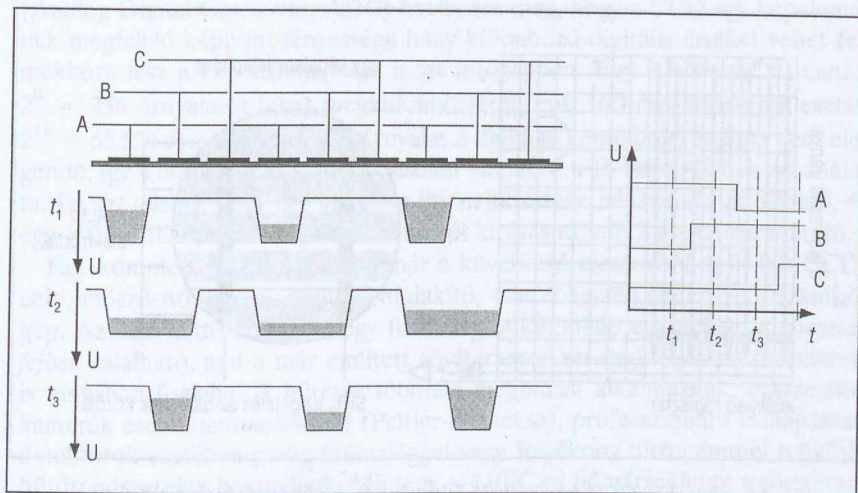
A megvilágítás ideje alatt (amit *expozíciós* vagy *integrációs időnek* nevezünk) a beérkező fotonok számával egyenesen arányos mennyiségű elektron gyűlik össze az elektródákkal szemben. Sajnos azonban nemcsak a megvilágító fény hatására jelennek meg elektronok, hanem a kristálybeli hőmozgások eredményeként is. Ezen zavaró hatás (a *sötétáram*) csökkentése érdekében az expozíció alatt hűteni szokták a CCD-detektorokat.

Helyezzünk el képzeletben több elektródát egymás mellett a hordozórétegen. Amennyiben ezek az elektródák elég messze vannak egymástól, a velük szemben kialakult potenciálgödörök is különállók lesznek (4.4a ábra), ha viszont közel vannak egymáshoz, egyetlen közös potenciálgödör alakul ki, ez a bizonyos *töltéscsatolás*, amiről az eszköz a nevét kapta (4.4b ábra). Az első esetben, ha egy elektron az A jelű elektróda közelében keletkezik, akkor az A -nál lévő potenciálgödör ejti csapdába. Ha az egyes elektródák alatti területeket különböző erősségű megvilágítás éri, a hozzájuk tartozó potenciálgödörben összegyűlt töltéscsomagok is különböző nagyságúak lesznek. Megmérve ezek nagyságát meg tudjuk határozni, hogy mely pontban milyen erős fényhatás érte a detektort. Ahhoz, hogy a töltéscsomagokat meg tudjuk mérni, ki kell hozni azokat a félvezetőből a mérőműszerbe.



4.4. ábra. Az elektródák egymástól mért távolsága határozza meg, hogy különálló (a) vagy egybefüggő (b) potenciálgödör alakul ki

Ha az elektródákra nem egyenlő nagyságú feszültséget kapcsolunk, hanem minden harmadikra (4.5. ábra, A jelű elektródák) magasabb pozitív értéket, a közbülsőkre (B , C) pedig alacsonyabbat, akkor a kialakuló potenciálgödörök egymástól jól elkülönülve helyezkednek el (t_1 -gyel jelölt sor). A megvilágítás alatt keltett fotoelektronok ezekben gyűlnek össze. Az expozíció befejeztével ezeket a töltéscsomagokat úgy tudjuk mozgatni a félvezető belsejében, hogy nem folynak össze egymással. Lassan emeljük a B elektródák feszültségét is az A jelűekével egyező szintre. Ekkor a potenciálgödörök kiszélesednek, de az egyes töltéscsomagokat még mindig elválasztja a C elektródák alatt lévő gát (t_2 -vel jelölt sor). Ezután csökkentjük az A elektródák feszültségét C -ével egyező mértékűre, így a kiinduló állapothoz teljesen hasonló töltéselrendezést kapunk, csak minden egyes elektroncsomag egy elektródányival arrébb helyezkedik el (t_3 sor). A leírt műveletet a B és C elektródákkal megismételve a töltéscsomagok egy újabb lépéssel mozdulnak el. A töltéscsatolás jelensége

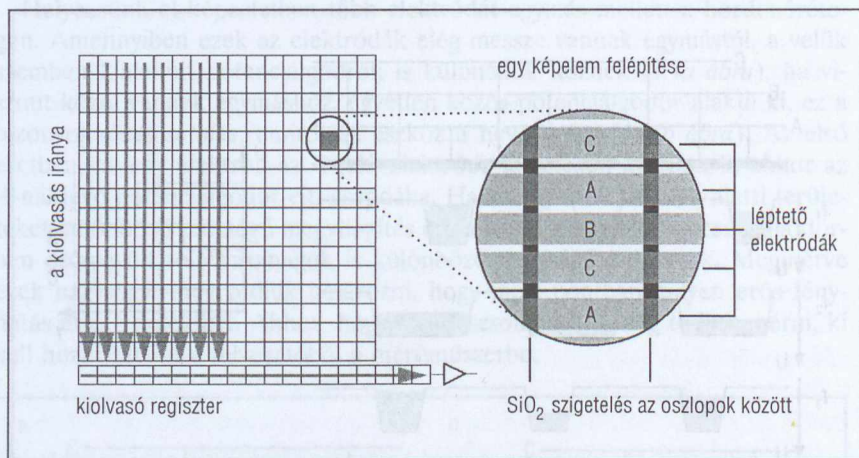


4.5. ábra. Töltéscsomagok léptetése háromfázisú elektródasor esetén

gét kihasználva, az egyes elektródák feszültségét a 4.5. ábra jobb oldalán lévő feszültség – idő grafikon szerint változtatva léptetni tudjuk a töltéseket.

Képzeljünk most el ilyen lineáris töltésléptető elemekből többet, szorosan egymás mellé helyezve. A 4.6. ábrán ezek függőlegesen helyezkednek el, nevezzük ezeket oszlopoknak. A léptetés irányát a szürke nyilak mutatják, ebben az irányban a különböző feszültségre kapcsolt elektródák gondoskodnak a töltéscsomagok elkülönítéséről, illetve továbbításáról. A töltéscsatolás azonban vízszintes irányban, az egyes oszlopok között is felléphet. Ennek elkerülésére hozzunk létre vékony szilícium-dioxid szigetelőréteget az egyes oszlopok között. Az így kapott mátrix elrendezés egy elemi egységét nevezzük *képelemnek*, vagy *pixelnek* (az angol *picture element* szavak összevonásából).

Helyezzünk el az érzékelő felület szélére egy olyan sort, amelynek a felépítése megegyezik az oszlopokéval. Ebben a töltésléptetés nem függőlegesen, hanem vízszintes irányban történik. E speciális sor, a *kiolvasó regiszter* végén történik a töltéscsomagok nagyságának megmérése. A méréshez a kiolvasó regiszter végén helyezzünk el egy kondenzátort, amit minden léptetés előtt feltöltünk egy pontosan ismert nagyságú töltéssel egy referenciafeszültségre. Léptessük a következő töltéscsomagot a kondenzátor pozitív sarkára, ezáltal töltéscsomag elektronjai részben kisütik a kondenzátort. A kisütés után mérjük meg a feszültséget, és hasonlítsuk össze az eredeti referenciaszinttel. Ebből megkapható a mérendő töltéscsomag nagysága. Ezzel el is készült a CCD-detektorunk.



4.6. ábra. Egy CCD-képzékelő felépítése és egy képelemének szerkezete

Vetítsünk valamilyen optikai rendszerrel egy képet a detektor felületére! A megvilágítás után a függőleges oszlopokban az összes töltéscsomagot egyszerre egy pixelynit lejjebb léptetjük, ezáltal a detektor legalsó sorának elektroncsomagjai a kiolvasó regiszterbe kerülnek. Ezután kis időre leállítjuk a töltések függőleges irányú mozgatását, és csak a kiolvasó regiszterben folytatjuk a léptetést a kondenzátor felé. Miután minden egyes elektroncsomagot megmértünk és kiürült a kiolvasó regiszter, ismét az oszlopokban léptetjük lefelé a töltéseket egy képelemmel. Így az eredetileg második sorban lévő töltések kerülnek a kiolvasó regiszterbe, majd a mérőkondenzátorra. Ezt a folyamatot ismételtetjük addig, amíg a teljes detektorfelületből ki nem olvastuk a töltéseket, így minden egyes képelemben összegyűlt töltés megmérhető. Az elektroncsomagoknak a kiolvasás alatti sorszámából egyértelműen meghatározható, melyik képelemben gyűltek össze az integráció alatt.

A CCD-chipek tulajdonképpen az elektronikában ma használt legnagyobb méretű *integrált áramkörök* (integrated circuit, IC). A kisebb CCD-k első ránézésre ugyanolyanok, mint bármely más, kerámiatokba foglalt „százlábú”. Az áramkör tetején a megvilágításhoz egy kvarclemezből készült ablak található, akárcsak az *újraírható memóriachipeken*, az EPROM-okon. A nagyobb képelemszámú chipek viszont speciális kialakításúak, szinte a teljes IC-t kitölti az érzékelő-felület (12. és 13. színes kép a mellékletben).

A CCD-ből kilépő jel igen gyenge, így azt egy erősítőbe vezetik, majd az erősített analóg jelet digitalizálják, hogy a kiolvasott kép számítógéppel megjeleníthető és kezelhető legyen. Ez az egység, az *analóg-digitális átalakító*

(Analog-Digital Converter, ADC) határozza meg, hogy a CCD egy képelemének megfelelő képpont fényessége hány különböző digitális értéket vehet fel, mekkora lesz a kép *színmélysége* a számítógépben. Egy 8 bites ADC esetén $2^8 = 256$ árnyalatot lehet megkülönböztetni, míg 16 bites konverter esetén $2^{16} = 65\,536$ árnyalatot. A 256 árnyalat a digitális képfeldolgozáshoz nem elegendő, így a csillagászati kamerák esetén általános a 16 bites ADC-k használata. Ez azt jelenti, hogy egy képelem intenzitásértéke két byte-on tárolható, és egy 1024×1024 pixeles CCD-detektorból kiolvasott kép 2 megabyte méretű.

Egy komplett CCD-detektor tehát a következő elemekből épül fel: CCD-chip, előerősítő, analóg-digitális átalakító, csatolóegység (interfész), számítógép. Az első kettő általában egy fizikailag is különálló egységben, a *kamerafejtben* található, ami a már említett sötétáram miatt szükséges hűtőrendszert is magában foglalja. A hűtésre többféle megoldást alkalmaznak, egyszerűbb kamerák esetén *termoelemeket* (Peltier-elemeket), professzionális csillagászati detektorok esetében pedig szárazjéggel vagy folyékony nitrogénnel működő hűtőrendszereket használnak. Mintegy -110°C -os hőmérsékleten a sötétáram már elhanyagolható, de ennél hidegebb detektorokban nem működik a töltés-lejtetés mechanizmusa.

Az analóg-digitális átalakító és a számítógép felé a jelet továbbító csatolóegység általában külön dobozban kap helyet, ezt nevezzük *kiolvasó elektronikának*. A harmadik fő egység, a számítógép akár több méterre is lehet a kamerafejtől, ám a kiolvasó elektronikának a kamerafejhez minél közelebb kell elhelyezkednie. A CCD-chipből a csatolóegységbe menő jelhez a vezetékben és az áramköri elemekben különféle elektromos zajok adódnak hozzá. Ezeket a zavarokat együttesen *kiolvasási zajnak* nevezzük, amit elektron/képelem értékben fejezhetünk ki. Minél kisebb a kiolvasási zaj, annál tökéletesebb a kamera. Ezt a zajt a CCD és a csatolóegység közötti kábel hosszának optimalizálásával lehet csökkenteni.

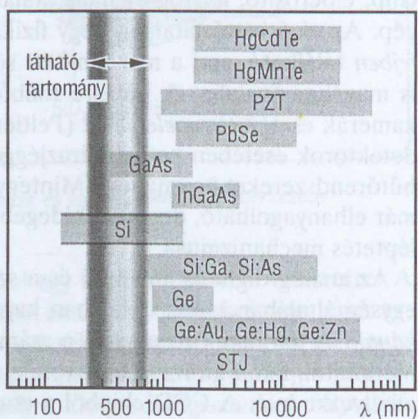
A 4.7. ábrán a különböző technológiával készített CCD-chipek spektrális érzékenységi tartománya látható. Az, hogy milyen hullámhossztartományban működik a CCD-detektor, elsősorban a hordozórétteg anyagától függ. A 4.7. ábrán a különböző anyagból készült CCD érzékelőkre vonatkozó sávok igen széles spektrális tartományt fognak át. Látható, hogy a legáltalánosabban elterjedt, szilícium alapú CCD-k sokkal szélesebb hullámhossztartományban, 300–1100 nm között használhatók, és sokkal érzékenyebbek is, mint a fotoemulziók.

A CCD-detektor a teljes működési tartományában lineáris, vagyis a vizsgált objektum képének intenzitása egyenesen arányos a CCD-chip megvilágításának idejével. Mivel a linearitás igen széles megvilágítási tartományban fennáll, a CCD-kép az igen eltérő fényességű objektumokat is egymáshoz ké-

pest intenzitáshelyesen rögzíti. A fotolemezeken két csillagot akkor lehetett egymással megbízhatóan összehasonlítani, ha legfeljebb 5^m volt fényességük különbsége, ami 100-szoros intenzitásaránynak felel meg. CCD-k esetén ez a *dinamikai tartomány* jóval szélesebb, akár $10-12^m$ is lehet.

Amiben ezek az elektronikus képrögzítő eszközök ma még elmaradnak a fotográfiától, az az érzékelőfelület nagysága és a felbontóképesség. A felbontóképesség a képelemek méretétől függ, és ez a csillagászatban is használt detektorok esetében $25-10\ \mu\text{m}$, vagyis a feloldás $40-100$ vonal/mm, a fotográfikus emulziók feloldóképessége pedig $100-300$ vonal/mm.

Tagadhatatlan hátrány a detektorok kis hasznos felülete is. Ma még egyetlen CCD-kamera sem képes felvenni a versenyt a 40×40 cm-es méretben is elkészíthető fotolemezekkel. De $10\ \mu\text{m}$ -es képelemméret esetén egy 10×10 cm-es detektor $10\,000\times 10\,000$ képpontból áll, és a kép kiolvasása is igen időigényes. Másrészt a töltésléptetés hatásfoka nem pontosan 100%, hanem mindig egy kicsit kisebb. Ha ez az érték csak 99.999%, vagyis lépésenként az elektronoknak átlagosan 0.00001 része – 100 000 elektronból egy –vész el. $10\,000\times 10\,000$ képpont esetén a kiolvasáshoz legközelebbi sarok képelemei néhány léptetéssel kiolvashatók, itt veszteség alig lesz. A legtávolabbi képelemek töltéscsomagja viszont 20 000 lépést tesznek és eközben az elektronoknak akár az ötöde is elveszhet. A technika fejlődése azonban mindig újabb és újabb utakat nyit, s ma már használnak a csillagászok százmillió képpontból álló detektorokat.



4.7. ábra. Különböző anyagokból készített CCD-k spektrális érzékenysége (a „Si:Ga” jelentése galliummal szennyezett szilícium)

CCD-kamerák tegnap, ma, holnap

A töltéscsatolás technikai eljárását WILLARD S. BOYLE és GEORGE E. SMITH fejlesztette ki a Bell Laboratóriumokban. Elsősorban új, nem mágneses elven működő memóriák és videotelefonokban használható kamerák készítése céljából született meg 1969. október 17-én a töltéscsatolt eszköz alapötlete. Egy évvel később a Bell Laboratóriumokban elkészítették az első CCD-

chippel működő videokamerát (4.2. ábra), ennek képminősége azonban még jelentősen elmaradt az akkoriban használt vidikon képcsöves felvevőkéttől. Az első CCD-detektor, amely képalkotásban felvette a versenyt a kor tévékameráival, 100×100 képelemes volt, és a Fairchild Electronics készítette 1974-ben. Egy 20 cm-es távcsőre szerelve ezzel a kamerával rögzítették az első csillagászati CCD-felvételt.

Akkoriban az egyik fő cél az volt, hogy megnöveljék a töltéscsomagok továbbításának hatékonyságát. Az előző részben láttuk, hogy ennek nagyon közel kell lennie a 100%-hoz. A hatékonyabb töltéstovábbítás érdekében a szilícium hordozó- és a SiO_2 szigetelőréteg közé elhelyeztek egy negatívan szennyezett réteget, ami az elektronokra gyakorolt taszító hatása miatt segíti a töltések mozgását. Ezek az *rejtett csatornás* CCD-k tették lehetővé a mintegy 99.9999%-os töltésléptetési hatásfok elérését.

A fotonok érzékelésének hatékonyságát a töltések gyűjtését és kiolvasását lehetővé tévő elektródák rontották. Amennyiben ugyanis ezen elektródák oldaláról világítjuk meg a CCD-t, két probléma is adódik. Az egyik, hogy a fénynek át kell hatolnia az elektródákon. A nagyon vékony alumíniumrétegből vagy poliszilikátból készített elektródák elektromosan vezetők és emellett még átlátszóak, de nem teljesen. Fényelnyelésük a kék tartomány felé haladva egyre nagyobb, és a 400 nm-nél rövidebb hullámokat szinte egyáltalán nem engedik át. Emiatt a megvilágító fény egy része elvész az elektródákban, vagyis csökken a fényhasznosítás hatásfoka. Bizonyos mértékben növelhető az érzékenység, ha *tükröződésgátló* (*antireflexiós*) réteg segítségével csökkentjük a képérzékelő felület határán fellépő fényvisszaverődést.

A másik probléma az, hogy a különböző hullámhosszúságú fotonok a szilícium detektoranyagban különböző mélységben nyelődnek el. Ez az átlagos úthossz a hordozó hőmérsékletétől is függ. Szobahőmérsékleten egy 400 nm-es, kék foton kevesebb mint $1 \mu\text{m}$ megtétele után, egy 1000 nm-es, közeli infravörös foton pedig több mint $100 \mu\text{m}$ megtétele után 90%-os valószínűséggel elnyelődik. (Az 1100 nm-nél nagyobb hullámhosszú fotonoknak már nem elegendő az energiájuk, hogy fotoelektronokat váltsanak ki a szilícium-kristályban.) Közvetlenül az elektródák alatti régióban a felgyülemlett fotoelektronok elektromos teret keltenek, ami néhányszor tíz μm vastag zónában megakadályozza további fotoelektronok keltését. A később érkező fotonok tehát már csak mélyebben tudnak elektront kiváltani. De láttuk, hogy a kék fotonok egy μm mélységig nagy valószínűséggel elnyelődnek, anélkül, hogy fotoelektront tudtak volna kelteni, így ezeket nem érzékeli a detektor.

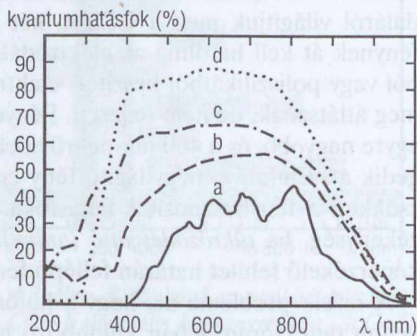
Az sem jó, ha túlságosan mélyen keletkeznek a fotoelektronok. Néhány száz μm mélységben ugyanis olyan gyenge már az elektróda elektromos tere, hogy csak kis eséllyel képes az elektronokat rekombinálódás vagy másik elektródához történő diffúzió előtt magához vonzani.

Mit lehet tenni? Fordítsuk meg a CCD-t, és világítsuk meg a hordozóréteg felől, ezáltal az első problémát biztosan megoldjuk. Csakhogy a kék fényre való érzékenységet így sem tudjuk növelni, hiszen a hordozóréteg vastagsága – mechanikai és gyártástechnológiai követelmények miatt – több száz μm . Vagyis ebben az esetben túl messze lesz a kék fotonok elnyelődése az elektródáktól, és a keltett elektronok többsége elvesz a képalkotás számára. Ha el lehetne vékonyítani a hordozóréteget, akkor a kék tartománybeli érzékenységet is lehetne növelni. Technikai nehézségek miatt egészen az 1990-es évek elejéig nem készítettek ilyen hátulról, az elektródákkal szemközti oldalról megvilágított (backside) vagy más néven *vékonyított* CCD-eket. Ezek a detektorok az említett okok miatt sokkal érzékenyebbek a kék tartományban és a *kvantumhatásfokuk* is nagyobb, mint az elektródák felől megvilágított (frontside) vagy más néven *vastag* érzékelőknek. A kvantumhatásfok azt adja meg, hogy a beérkezett fotonok hány százalékát képes érzékelni a detektor (4.8. ábra).

Egy másik megoldás, hogy az előlőről megvilágított CCD elektródáit valamilyen fluoreszcens anyaggal fedik be, amiben a rövid, 100–300 nm hullámhosszúságú fotonok elnyelődnek és energiájuk nagyobb hullámhosszon sugárzódik ki. Ha ez a bevonat a hosszabb hullámhosszokra átlátszó, és az elnyelt rövidebb hullámhosszakat a detektor számára optimálisan hasznosítható tartományban (pl. 500 nm környékén) sugározza ki, akkor elérhető bizonyos mértékű érzékenység a kék tartományban is. Az első ilyen CCD-t 1980-ban készítették, amikor is egy sokgyűrűs aromás szénhidrogénnek ($\text{C}_{24}\text{H}_{12}$) köszönhetően a közeli ultraibolya (UV) tartomány fotonjai 550 nm-es fotonokként érték el a hordozóréteget.

(A Hubble-űrtávcső CCD-detektorait is ez a szerves anyag teszi érzékennyé az UV tartományban.) A 4.8. ábrán jól látható, hogy a fenti technikák miként változtatják meg a CCD spektrális érzékenységét.

Problémát jelent az is, hogy a CCD gyártása során egyes képelemek hibásak lehetnek (pl. nem kívánt szennyeződés miatt). Jobb esetben csak néhány pixel válik részben vagy teljesen érzéketlenné, de ha a képelemhez tartozó elektródák sérülnek, akkor akár egy egész oszlop kiolvasása is lehetetlenné

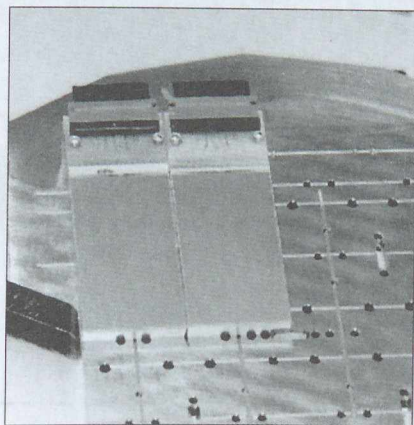


4.8. ábra. Különböző CCD-detektorok spektrális érzékenysége: a) előlő megvilágítás, b) hátsó megvilágítás, c) hátsó megvilágítás a szövegben leírt fluoreszcens bevonattal, d) hátsó megvilágítás vizuális tartományban működő antireflexió (VISAR) réteggel

válhat, ugyanis hibás pixelen nem lehet átléptetni a töltéseket. Ha a kiolvasó regiszter sérül meg, akkor az egész CCD-chip használhatatlan. Egy hibátlan 1000×1000 képelemes detektor készítéséhez esetleg több tucatot kell legyártani, mire azok közt akad egy tökéletes. A CCD méretének növelésével hatványozottan nő a hibalehetőség és így a selejt valószínűsége, ezért a nagy méretű eszközök ára igen magas.

2001 tavaszán a technika színvonal a 4096×4096 képelemszámú, $20 \mu\text{m}$ körüli pixelméretű detektorok gazdaságos gyártását teszi lehetővé. Az eddig készített legnagyobb, összefüggő CCD-chipet a Philips cég állította elő, 7186×9216 db $12 \mu\text{m}$ -es képelemből áll, képalkotó területe 86×110 mm. Egy ilyen érzékelő ára azonban rendkívül magas, s ha csak egyetlen kiolvasó regiszterrel látják el, a kiolvasási idő is igen hosszú.

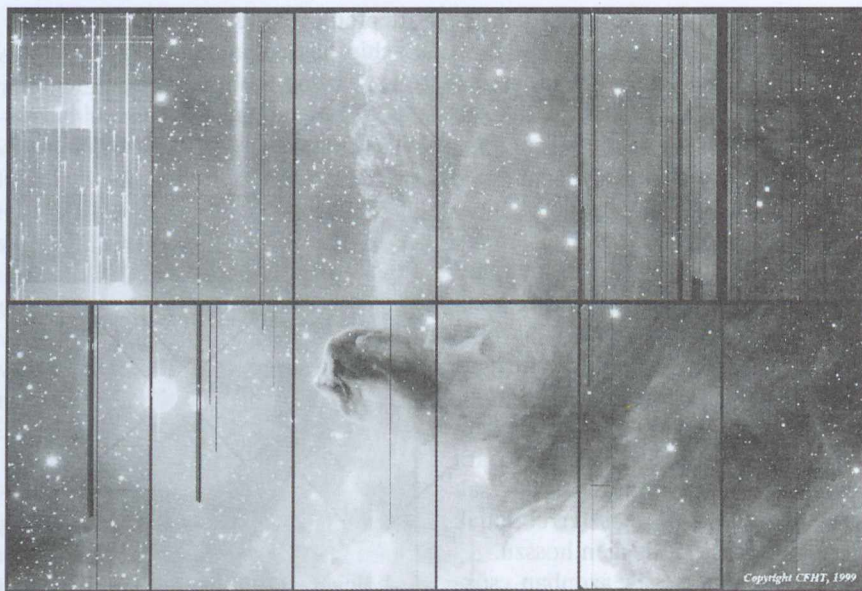
Ezek a nehézségek azonban csökkenthetők, ha nem egyetlen nagy chipet, hanem több kisebbet építünk egymás mellé a kamerába. Az ilyen mozaik kamerák elkészítéséhez viszont az szükséges, hogy a CCD-chipeket egymáshoz igen közel lehessen elhelyezni. Ebben az esetben a hagyományos IC-tokozás nem alkalmazható, speciális kialakításra van szükség. Ma már sorozatban gyártanak 2048×4096 képelemszámú, három oldalán szabadon hagyott, hátsó megvilágítású detektorokat (4.9. ábra).



4.9. ábra. Három oldalán szabadon hagyott CCD-chipekből felépülő mozaik kamera két detektora egymás mellé építve

12 db ilyen CCD felhasználásával készült a jelenlegi legnagyobb mozaik kamera, a Mauna Keán lévő 3.6 m-s CFHT (Canada – France – Hawaii Telescope) 12288×8192 képelemes, $15 \times 15 \mu\text{m}$ pixelméretű, 184×123 mm felületű detektora. A Lófej-ködről készített felvételen (4.10. ábra) jól látszik, hogy bizony igen sok a hibás oszlop az egyes chipekben, és az egyes CCD-knek az érzékenysége is eltérő. Ezeket a hibákat, eltéréseket, valamint az egyes chipek közötti elválasztó sávokat úgy lehet kijavítani, információval feltölteni, hogy a távcsövet egy kissé arrébb mozdítják, és egy újabb felvételt készítenek, majd a két kép alapján létrehoznak egy korrigált képet.

Ilyen mozaik kamerákat először a *Hubble-űrtávcső* nagylátószögű és bolygókamerája (Wide Field and Planetary Camera 1, WFPC-1) és a már befe-



4.10. ábra. A CFHT 12 288×8192 képelemes detektorának egy korrigálatlan, nyers felvétele a Lófej-ködről

jeződött *MACHO program*² használt. 2001 tavaszán a méret-rangsort a már említett CFHT detektor vezeti, második a Kitt Peak National Observatory (KPNO) 8192×8192 képelemes mozaikja³, amely 8 db 2048×4096-os CCD-ből épül fel, a pixelméret 15 μm , a teljes detektorfelület 124×126 mm. Az 1997-ben beszerelt, elülső megvilágítású chipeket egy évvel később lecserélték hátsó megvilágításúakra. A sikeres tesztek és a kedvező tapasztalatok alapján egy teljesen hasonló kamera készült 1999-ben a Cerro Tololo Inter-American Observatory (CTIO) 4 m-es Blanco-teleszkópjához is.

A közeljövőben bizonyosan sokat fogunk hallani a *Sloan Digitális Égbolt-felmérésről*⁴ (Sloan Digital Sky Survey, SDSS), így talán nem haszontalan pár szót ejteni az abban alkalmazott kameráról. Már csak azért sem, mert így megismerkedhetünk egy olyan trükkel, amit a töltésléptetés tesz lehetővé. Ez a késleltetett kiolvasás (Time Delay and Integrate, TDI) üzemmód.

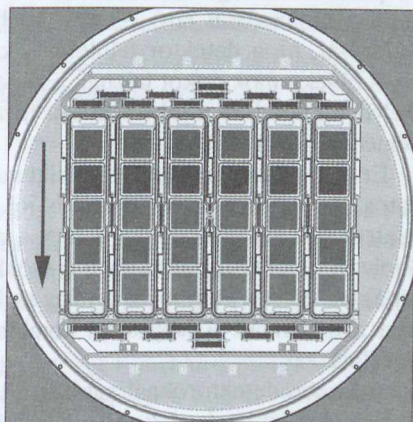
2. *Csillagászati évkönyv 1995*, 154. o.

3. Címlapképünk ezzel a detektorral készült

4. Lásd *Az Univerzum digitális térképe* című hírt, valamint a 16. és 17. színes képet a mellékletben.

Ha egy távcsővel nem követjük az égbolt forgását, akkor az objektumok képe egyenletes sebességgel elmozdul a fókusz síkban. Állítsuk be úgy a CCD-detektort, hogy a töltések léptetésének iránya megegyezzen a kép elmozdulásának irányával. Ha a töltéseket pontosan akkora sebességgel léptetjük, amilyen gyorsan a kép mozog, akkor minden töltéscsomag éppen követi az őt létrehozó képrészletet, és haladás közben természetesen gyarapodik is a folyamatosan beérkező fotonok hatására. Ez az eljárás helyettesítheti a vezetést, az órágép használatát. A TDI tehát egy igen lassú kiolvasás, a megvilágítás pedig mindaddig folyamatosan történik, amíg az exponált képrészlet a CCD egyik szélétől eléri a másikat (a kiolvasás felőli) széléhez.

Késleltetett kiolvasással működik az SDSS kamerája is. Ennek képalakító felülete 5 sorban és 6 oszlopban 30 db 2048×2048 méretű CCD-ből áll (4.11. ábra). Az 5 sor mindegyikét más színszűrővel látták el. Az égbolt mozgása során az objektumok képe végighalad az öt különböző színszűrővel fedett detektoron. Így egymáshoz képest kis időeltolódással öt különböző színben készül el az égbolt 6 darab $14'$ széles sávjának képe. Az egyes chippek — és emiatt a leképezett égi sávok viszonylag távol vannak egymástól. A sávok között kimaradt területekről a távcső kismértékű elmozdításával másik felvételt kell készíteni.



4.11. ábra. Az egyes chippek és szűrők elhelyezkedése az SDSS 30 CCD-ből álló mozaikkamerájában (lásd még a 14. színes képet a mellékletben)

Ha például egy CCD-kamera látómezeje fél fok, akkor ezen egy csillag képe két perc alatt vonul át, vagyis ennyi lesz az expozíciós idő egy objektumra. Mivel a kép kiolvasása folyamatos, azt „tetszőleges ideig” folytathatjuk, és így az előző példánál maradván egy deklinációban fél fok széles, rektaszccenzióban tetszőleges hosszúságú képet kaphatunk. A TDI mód egyik előnye, hogy a megvilágítás alatt nem kell követni az égbolt forgását, ezért jóval egyszerűbb távcsőmechanikák is használhatók. A Földet megközelítő kisbolygók keresésére használt 0.9 m-es Űrfürkész (Spacewatch) I teleszkóp⁵ is TDI technikát használ. Tubusa hajókéményből készült és mechanikája is csak az iránybeállítás teszi lehetővé, követésre nem is alkalmas. A távcsőre szerelt 2048×2048

5. Csillagászati évkönyv 2000, 207. o.

as CCD átlagosan két és fél perces integrációval dolgozik és így $21^m.5$ határ-fényességet tud elérni.

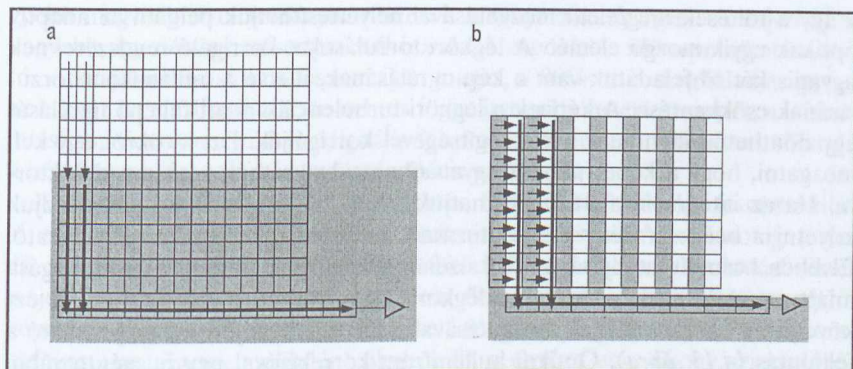
2001 nyarán már készült a CFHT számára a 40 db, egyenként 2000×4500 képelemből álló, $13.5 \mu\text{m}$ pixelméretű CCD-t tartalmazó MegaCam. A mátrix $20\,000 \times 18\,000$ képelemes és 331×261 mm kiterjedésű, ennek azonban csak 93%-a képalkotó felület. A 3.6 m-es távcső primer fókuszában, fókuszreduk-tort is alkalmazva ez 1.4×1.4 látómezőnek felel meg. A kamerafej mintegy 120 kg-os. A detektormátrixból 20 másodperc alatt lehet kiolvasni a 720 MB méretű képet.

Ha vezetett felvétel készül, akkor komoly gondot jelent a nagy CCD-chipeknél szükséges hosszú kiolvasási idő. Vannak olyan mérési feladatok, ahol a kiolvasással járó — akár több perces — holtidő megengedhetetlen. Másrészt, ha a detektor felületét a kiolvasás alatt is éri a fény, akkor a fényes objektumok csíkot húznak a képen, mert az objektum képe a detektoron helyben marad, és a folyamatosan továbbléptetett képnek mindig újabb képelemében növeli a jel nagyságát.

Ennek a „szellemképnek” a kiküszöbölésére többféle megoldás is használ-tos. Az egyik a fotográfiából is jól ismert zár, ami a kiolvasás időtartama alatt megakadályozza, hogy a fény a detektorra jusson. A kiolvasási idő több kiolvasási pont alkalmazásával is csökkenthető, az elektródák megfelelő kiala-kításával akár a chip mind a négy sarkában egyidejűleg is folyhat a kiolvasás. Ezt a megoldást a fényzárral kombinálva a nagyobb méretű CCD-k esetén alkalmazzák.

A kisebb detektoroknál egyszerre is megoldható a két probléma. A detek-tor egyik felét letakarjuk egy átlátszatlan alumíniumréteggel. A kép a fedetlen részen keletkezik, majd a megvilágítás végeztével a kapott képet átléptetjük a lefedett tárterületre. Ez nagyon gyors folyamat, hiszen például egy 1024×1024 képelemes fedetlen terület esetében egy teljes kép 1024 lépéssel áttölthető a tárterületre, míg a kép kiolvasásához 1024×1024 , vagyis több mint egymillió léptetési ciklus szükséges. Mialatt a tárterületről kiolvassuk a képet, a fedet-len részen már folyhat a következő expozíció. Az ilyen megoldást alkalmazó eszközöket *egészkép-továbbító* (frame transfer) CCD-nek nevezik (4.12. ábra). Mivel itt a teljes CCD a képérzékelő felület kétszerese, egy 1024×1024 pi-xel méretű kép készítéséhez 2048×1024 méretű detektor kell. Ennél nagyobb egészkép-továbbító CCD-ket általában nem is készítenek.

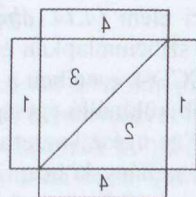
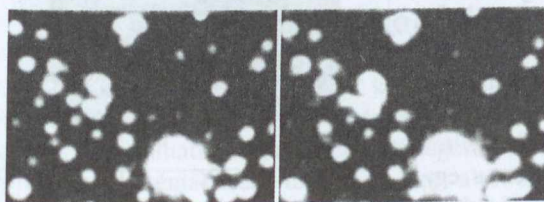
Videokamerákban, ahol még gyorsabb kiolvasásra van szükség, a *sorközi továbbítás* (interline transfer) megoldást használják. Itt minden második pi-xelsor tárolóként működik, így a kész kép egyetlen léptetési ciklusban a táro-lóterületre továbbítható. Ez a megoldás azonban csökkenti a detektor fizikai felbontását, ezért a csillagászatban nem alkalmazzák.



4.12. ábra. Az egészkép-továbbító és a sorközi továbbítással működő CCD felépítése. A fénytől elzárt tárolóterületet szürke szín jelzi

Mit várhatunk a jövőben? Három eszközt érdemes megemlíteni, ezek a *merőleges továbbítású CCD* (Orthogonal Transfer CCD, OTCCD), a *komplementis fémoxid félvezető* (Complementary Metal Oxide Semiconductor, CMOS) technológiával készült érzékelők és a *szupravezető alagútsatolt* (Superconductive Tunnel Junction, STJ) detektorok.

A hagyományos CCD-kben a töltések csak egy irányban léptethetők, az 4.5. ábrán bemutatott módon. Ha azonban egyes oszlopok között nem alkalmazunk fizikai elválasztást, s az elektródákat sem a 4.6. ábra szerinti elrendezésben készítjük, hanem úgy, ahogy azt a 4.13. ábra bal oldala szemlélteti, akkor a töltések tetszőleges irányba mozgathatók. A merőleges továbbítású CCD esetében a balra történő töltésmozgatáshoz a következő sorrend szerint kell az egyes elektródák alatt kialakítani a potenciálgödröket: 213213... , a fölfelé mozgathatáshoz pedig 234234... stb. Ezáltal a töltések tetszőleges út mentén, akár körbe-körbe is mozgathatók.

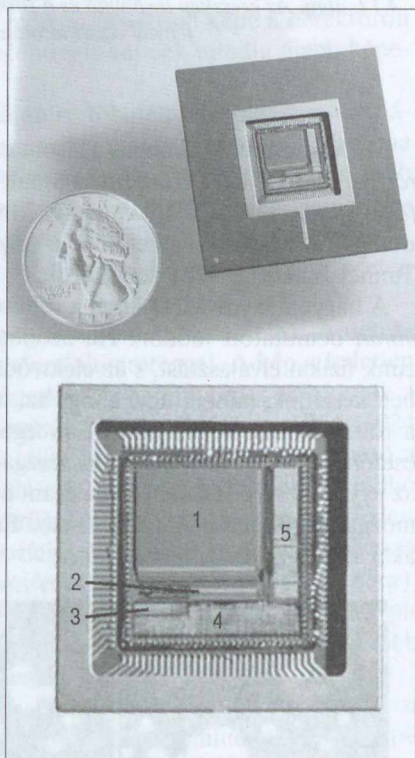


4.13. ábra. Az OTCCD egy képelemének szerkezete (balra) és az OTCCD-vel elérhető jobb felbontást demonstráló kép pár

Így a töltések megfelelő mozgatásával helyettesíthetjük például az adaptív optikák egyik mozgó elemét. A légköri torzulásokat korrigáló rendszereknek ugyanis két fő feladatuk van: a kép ugrálásának, illetve a hullámfront torzulásának csökkentése. A képnek a légköri turbulenciák miatt fellépő ugrálását egy dönthető-billenthető tükör segítségével korrigálják. Ezt a tükröt úgy kell mozgatni, hogy a képet mindig ugyanabban a helyzetben vetítse a detektorra. Ha az integráció alatt mozgathatjuk a készülő képet, akkor ezzel tudjuk követni a beérkező fény irányváltozásait, és a billenthető tükör elhagyható. Elvében hasonlít az eljárás a TDI üzemmódhoz, csak itt nem a Föld forgása miatt mozdul el a kép, hanem a légkör nyugtalansága következtében, és ezt követjük a töltéscsomagok mozgatásával. Már ezáltal is jelentősen javítható a felbontás (4.13. ábra). Optikai hullámfront-korrektcióval persze még további minőségjavulás érhető el.

A komplementis fémoxid félvezető detektorok nagy előnye, hogy ugyanazzal a CMOS technológiával gyárthatók, mint a manapság használt félvezető eszközök döntő többsége. (A CCD-ket MOS technológiával gyártják, ami sokkal kevésbé elterjedt, részben ez okozza az ilyen detektorok magasabb árát.) Itt is képelemek gyűjtik az információt, azonban minden egyes pixel címezhető, vagyis tetszőleges képpont tartalma közvetlenül kiolvasható. Mindegyik képelem tartalmaz egy kiolvasóegységet is, és mivel az érzékelőfelület is CMOS technikával készül, ezért rögtön a pixelmátrix mellett, egyazon chipen belül kialakítható az erősítő, AD átalakító és minden más szükséges áramköri elem (4.14. ábra). Így egyetlen kis szilíciumlapkán elfér mindaz, ami a CCD-k esetében a kamerafejen és több különálló egységben kap helyet.

Egy egész kamera elkészíthető tehát néhány köbcentiméterben, s egy ilyen eszköz áramfelvétele töredéke a CCD-k áramigényének. Nagyobb a dinamikai tartományuk is, azaz na-



4.14. ábra. Egyetlen chipben felépített CMOS kamera 1 – képezékelő, 2 – ADC, 3 – memória, 4 – csatoló, 5 – szín- és hibakorrekciót végző elektronika

gyobb megvilágítástartományban lineáris a fényérzékenyséjük. A zajszintjük nagyobb, így néhány másodpercnél hosszabb expozíciós idő nem alkalmazható. A kvantumhatásfokuk viszont igen magas, a 80%-ot is meghaladja, így ez az eszköz ha a csillagászatban nem is fogja átvenni a vezető szerepet, az űrkutatásban, videokamerákban, digitális fényképezőgépekben, szkennerekben és a hétköznapi élet sok más területén máris az élre tört.

A szupravezető alagútsatolt detektor (STJ) közel ideális fotonszámláló eszköz. A röntgensugárzástól a szubmilliméteres mikrohullámokig terjedő, széles hullámhossztartományban, 60%-ot meghaladó kvantumhatásfokkal, majdnem minden egyes beérkező fotont detektál, sőt ezek hullámhosszát is képes meghatározni. A detektor lelke két vékony, szupravezető (nióbium, hafnium, tantál vagy molibdén) filmből áll, melyeket egy vékony szigetelőréteg választ el. Egy kritikus hőmérséklet alatt, ami általában néhány Kelvin, az elektronok már igen kis energia hatására is képesek kvantummechanikai alagúthatással átjutni a szigetelőréteg túloldalára. Az alapállapot a gerjesztett állapot közötti energiakülönbség jóval kisebb, mint egy foton energiája. Ezért egyetlen foton beérkezése több (akár ezer) elektront is kivált, és ezeknek az elektronoknak a száma arányos a beérkezett foton energiájával, vagyis a frekvenciájával. (A CCD-k esetében egy elektron gerjesztéséhez nagyjából egy foton energiája szükséges.)

Kétdimenziós mátrix szerkezetet létrehozva tehát tér – idő – spektrális felbontást adó detektort kapunk. A spektrális felbontás – az alkalmazott szupravezetőtől függően – az UV tartományban 0.01 – 1 nm közötti; infravörösben, 1000 nm környékén azonban már csak 10 – 100 nm. Ezek a detektorok igen „gyorsak”, egy foton érzékelése egy mikroszekundumnál kevesebb időt igényel.

Kedvező tulajdonságai alapján ígéretes jövő vár az STJ-re például a halvány objektumok spektroszkópiájában, vagy az adaptív optikák hullámfront-érzékelőjében. Az első, 6×6 képelemes prototípust 1999 óta sikeresen alkalmazták, és már készül egy detektor a HST számára – HSTJ néven.

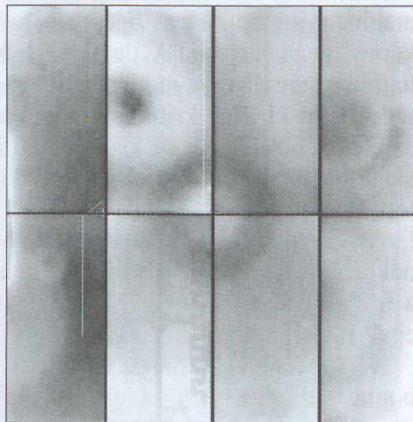
A digitális képfeldolgozás

A CCD-kamerák által előállított képek a digitális formának köszönhetően könnyen kiértékelhetők, és a kamera esetleges hibái (hibás képelemek, sötétáram) is korrigálhatók számítógép segítségével. Ezek a módszerek a digitális képfeldolgozás témakörébe tartoznak, amit a tudomány és a technika számos területén alkalmaznak. A csillagászati felvételek esetén használt speciális eljárás

rások részletes ismertetése meghaladná nemcsak e cikk, hanem akár egy egész könyv terjedelmét is, így most csak az alapok áttekintésére van lehetőségünk.

A csillagászati fényképfelvételeken gyakran jelennek meg olyan részletek, amelyek nem csillagászati objektumoktól származnak. A fotolemez gyártása vagy későbbi kezelése során keletkezett hiba gyakran eredményez olyan látványt, ami összetéveszthető egy valóságos objektum képével. Ezek a hibák fotolemezről fotolemezre változnak, és az előhívásig nem is derülnek ki, ezért utólag nagyon nehéz, olykor lehetetlen a felismerésük és helyes értelmezésük.

Mint láttuk, a CCD-kamerák esetében is sok olyan hiba lehet a detektorban, ami jelentkezik a képen is (4.10. ábra). A kamerafejet lezáró ablakon vagy a detektor elé helyezett szűrőkön lévő porszemek, szennyeződések is hamis struktúrákat visznek a képbe. Az optikai rendszerben lévő esetleges takarások (vignettálás) pedig a kép intenzitásvizonyait torzítják. Ezek együttes hatását jól mutatja egy egyenletesen megvilágított felületről, pl. a szürkületi égboltról készített felvétel. A Kitt Peak-en használt 8000×8000 képelemes detektorral felvett világosképen (flat field kép) jól látszik, hogy a mozaikkamerák esetében az egyes chipek érzékenysége mennyire eltérő lehet: ahol a világoskép sötétebb, ott a detektor valamilyen oknál fogva érzéketlenebb (4.15. ábra).



4.15. ábra. Egy 8000×8000 képelemes mozaikkamerával készített világoskép

A világosképen látható hibák nagy részét úgy lehet korrigálni, hogy a számítógépen tároljuk az egyes képelemeknek a világosképen megjelenő relatív érzékenységét, a *normált* világosképet. A normálás azt jelenti, hogy a teljes detektor legérzékenyebb képelemének fényességét 1-nek választjuk, és a többi képelemen mért fényességet ehhez arányítjuk, így azokhoz rendre egynél kisebb érték fog tartozni. A normált világoskép megmondja, hogy az egyes képelemek mennyivel „látnak rosszabbul”, mint a legérzékenyebb pixel. Készítsünk most egy felvételt az éjszakai égbolton a kiválasztott objektumról, s ezt a képet osszuk el a normált világosképpel! Azokon a helyeken, ahol a kamera érzéketlenebb, és emiatt a valószínűleg halványabb az objektumok képe, a normált világoskép intenzitásértéke is egynél kisebb. Ha az adott képpont intenzitását elosztjuk ezzel az egynél kisebb számmal, megkapjuk, hogy milyen fényesnek látta volna azt a képpontot a legérzékenyebb pixel. Ezáltal eltüntet-

hetők a detektor egyes területei, képelemei közötti érzékenységekülönbségek, a porszemek és a vignettálás hatása. Mivel minden szűrő más-más struktúrát visz bele a képbe, így a világosképet minden szűrővel el kell készíteni. Természetesen a teljesen érzéketlen vagy kiolvashatalan képelemek ezzel a módszerrel nem javíthatók.

A másik alapvető korrekció a *sötétkép* levonása. Mint említettük, nemcsak a beérkező fotonok, hanem a hőmérséklet hatására is keletkezik jel a detektorban, ami hozzáadódik az adott objektumról készített képhez. Állandó hőmérsékleten a sötétáram nagysága időben nem változik, minden egyes képpont csaknem ugyanannyi töltést produkál adott idő alatt. A sötétáram következtében összegyűlt töltések mennyiségét tehát csak az integrációs idő határozza meg. A sötétáram hatásának korrigálásához készíteni kell egy olyan felvételt, amelyik nem kap megvilágítást, és így csak a sötétáramból származó jelet tartalmazza, de integrációs ideje ugyanannyi, mint a tényleges felvételé. Ezt a *sötétképet* egyszerűen le kell vonni a korrigálandó képből, így eltüntethető a sötétáram hatása.

Professzionális kamerák esetében, ahol megfelelő mértékű hűtés hatására a sötétáram mértéke elhanyagolható (pixelenként néhány elektron/óra), a sötétkép készítésének és levonásának nincs jelentősége. Ezeknél a kameráknál viszont *alapkép korrekcióra* van szükség. Ha ugyanis kiolvassunk egy képet egy CCD-ből, és közvetlenül ezután, gyakorlatilag nulla integrációs időt alkalmazva, azonnal kiolvassuk a következő képet, annak képpontjai nem nulla intenzitásúak lesznek. Időben nagyjából állandó – néhány tucat elektronnak megfelelő – jelszint mutatkozik minden képelemben, ez az alapszint. Az ilyen kamerák esetében tehát nem az objektumról készített integrációs idővel egyező expozíciójú sötétképet, hanem a szintén fénytől elzárt detektorfelület mellett készült null-expozíciós képet kell elkészíteni és ezt kell levonni a korrigálandó képekből.

Az eddig leírt korrekciókkal csak a CCD-chip és az optikai rendszer hibáiból származó képromlást lehet javítani, az egyes képelemek intenzitásértékét azonban a már említett kiolvasási zaj is torzíja. A kiolvasási zaj véletlenszerű, több felvétel átlagolásával csökkenthető. Ezért nem egy korrekciós képet készítenek, hanem többet, s ezeket átlagolják. Az átlagolás csökkenti a zaj torzító hatását, és pontosabban meghatározott lesz az egyes képpontok intenzitása. Az átlagolás nemcsak a korrekciós képekre alkalmazható: a csillagászati objektumokról is érdemes több felvételt készíteni, s ezek átlagát képezni. Ezáltal nemcsak a zaj csökken, hanem az egyszeri, véletlenszerű zavaró hatások is kiszűrhetők. Ilyen esetleges hatások közül a legfontosab a kozmikus sugárzás, de gyakoriak kiolvasás során fellépő elektronikai zavarok, vagy a látómezőn átvonuló műhold. A kozmikus sugárzás nagy energiájú részecskéi a világűrből érkeve szinte akadálytalanul jutnak el a detektorig, és akár több ezer elekt-



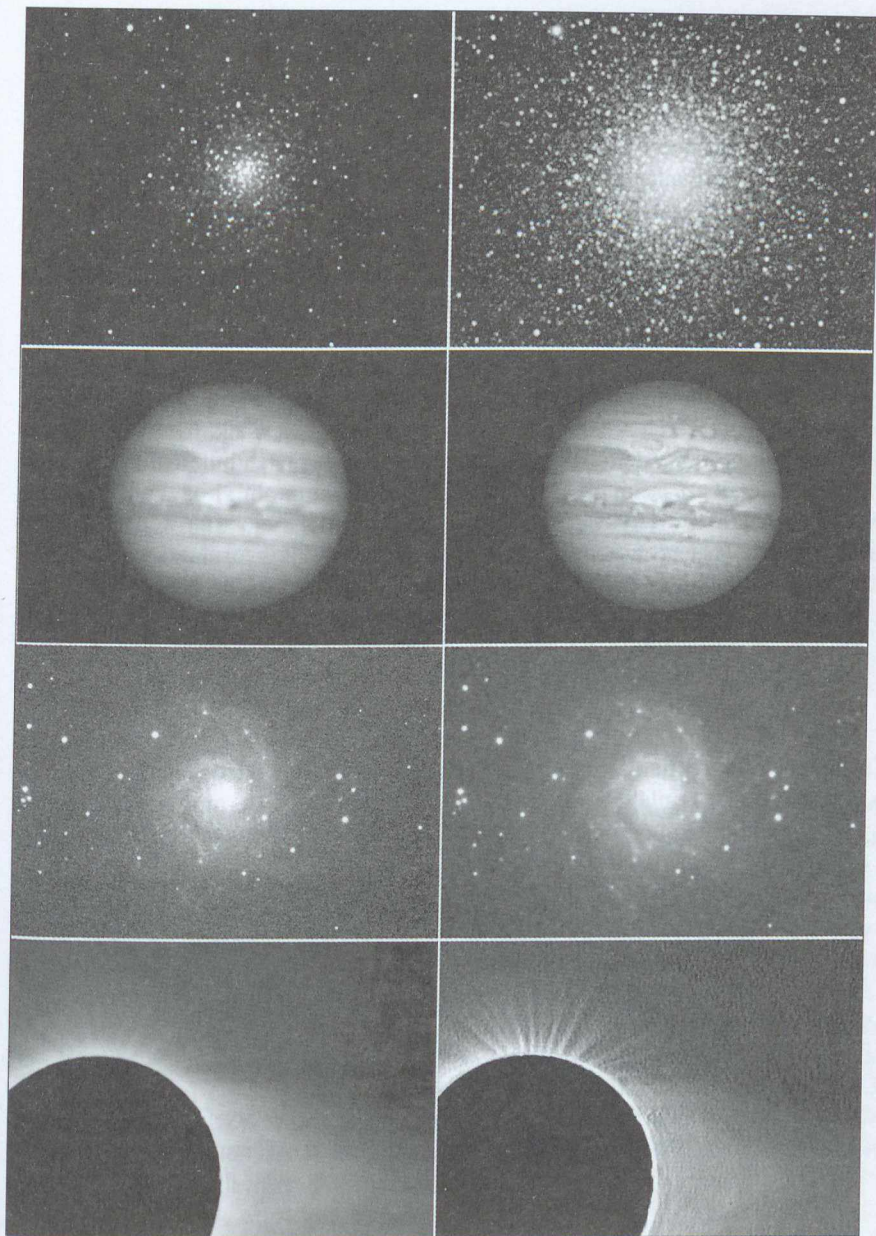
4.16. ábra. Az NGC 891 galaxisról készült egyetlen felvétel (balra) és tíz hasonló kép átlaga (jobbra)

ront is kelhetnek azokban a képelemekben, amelyeken átszáguldanak. Hatásuk teljesen véletlenszerűen megjelenő, sokszor igen nagy intenzitású, általában néhány pixelre kiterjedő, de néha akár egész hosszú csíkok formájában jelenik meg a képen. Több felvétel készítésével ezek a hibák szintén kiszűrhetők (4.16. ábra).

Ezek az eljárások számítógép segítségével nagyon egyszerűen megvalósíthatók, sőt részben vagy akár teljesen automatizálhatók is. Erre ma már a lehetőségek széles tárházát kínáló programcsomagok állnak rendelkezésre. A képek megjelenítésében különféle skálázások alkalmazhatók, ezek segítségével bizonyos intenzitástartományok tetszőlegesen kiemelhetők vagy elnyomhatók, kiélelhető egy kép vagy elmosható a magas zajszint miatti szemcsésség. Általános például a nemlineáris intenzitásskála használata (4.17. ábra felső képpár), hiszen az emberi szem sem lineáris detektor. Az égitestek fényességének megadására szolgáló magnitúdóskála is azért logaritmikus, mert az emberi szem így érzékeli a fényességkülönbségeket.

Egy bolygóról készült felvétel részleteinek kiemelésében sokat segíthetnek a *konvolúciós szűrések* és *maszkolási eljárások*. A technikai részletek ismertetése nélkül mutatjuk itt most be ezek hatását a 4.17. ábra második sorában. A harmadik sorban egy halvány galaxisról készült képen a zaj csökkentése érdekében kismértékű elmosást alkalmaztunk. A legalsó képpár azt szemlélteti, hogy akár mesterséges árnyékolást is létrehozhatunk, aminek segítségével a finom részletek sokkal szembeütőbbé válhatnak. A skálázások, szűrések azonban megváltoztatják, torzítják a kép eredeti intenzitásvizonyait, s ezáltal információtartalmát, így kizárólag a megjelenítésben, a könnyebb vizuális értékelésben alkalmazandók.

Rengeteg olyan módszer van, ami az információ kinyerését, számszerűsítését teszi lehetővé. Két fontos eszköz a fényességmérés és pozíciómeghatározás (fotometria és astrometria). Egy csillag képéhez tartozó képelemek

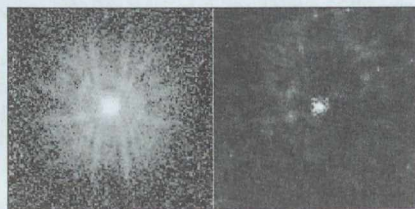


4.17. ábra. Különböző skálázások és szűrések hatása (részletes magyarázat a szövegben)

intenzitásértékeit egyszerűen összeadva annak fényességével arányos értéket kapunk, s a legfényesebb képpont kijelöli a csillag pozícióját. Pontosabb értéket kaphatunk a fényességre és pozícióra, ha a csillag intenzitáseloszlását kétdimenziós függvényként, térbeli felületként kezeljük. A képpontok fényességértékeire illesztett felület jól közelíthető egy megforgatott haranggörbével, vagyis matematikailag meghatározhatók a paraméterei: a felület csúcspontja adja meg a csillag koordinátáját, a függvény által lefedett térfogat nagysága pedig arányos a csillag fényességével.

A légkör állapota, vagy a távcső leképezési hibája nagyban befolyásolja a kép minőségét. Az utóbbira jó példa a Hubble-űrtávcső esete, amelynek főtükrét nem a megfelelő alakúra csiszolták, így igen rossz képet adott. Később ezt egy javítás során korrekciós optikai elemekkel jelentősen sikerült javítani, kezdetben azonban csak digitális képjavításra volt lehetőség. Az itt használt, igen bonyolult matematikai eljárást *dekonvolúciónak* nevezik. Ennek lényege a következő: ha pontosan ismerjük, és matematikailag le tudjuk írni egy optikai rendszer leképezési hibáit, akkor azt is ki tudjuk számolni, hogy milyen képet adna egy pontszerű fényforrásról. Ha egy kiterjedt objektum képét akarjuk kiszámolni, akkor ezt a forrást gondolatban felosztjuk kis területekre, az előbbi számítást minden ilyen területre elvégezzük, majd az eredményeket — a területek fényességével arányosan súlyozva — összeadjuk. A számítás azonban fordítva is elvégezhető: ha ismerjük a kép intenzitáseloszlását, akkor abból meg tudjuk határozni, milyen lehetett a forrás fényességeloszlása, amiből az ismert optikai hibákkal terhelt rendszer a „torzított” képet létrehozta. Ez a dekonvolúciós eljárás nemcsak az optikai rendszer hibáinak javítására, hanem a légkör elmosó hatásának csökkentésére is alkalmazható. A módszer hatékonyságát jól szemlélteti egy csillag képét mutató részlet, amit a HST javítás előtti állapotában készítettek, majd dekonvolúcióval javítottak (4.18. ábra).

Sok eszköz áll tehát rendelkezésre ahhoz, hogy a képekből kinyerjük a szükséges információt, vagy kijavítsuk a kép készítése során fellépett hibákat. Ezek mind megoldhatók szoftver segítségével, tehát „csupán” a megfelelő programot, algoritmust kell kidolgozni, s ezután egy számítógép elvégzi a munkát. A digitális képfeldolgozás különösen előnyös olyan esetekben, amikor teljesen azonos műveleteket kell végrehajtani képek ezrein.



4.18. ábra. A HST optikai rendszerének javítása előtt egy csillagról készített kép (balra) és annak dekonvolúcióval javított változata (jobb)

CCD-kamerákkal színes képek is készíthetők, de ehhez speciális technikára van szükség. A CCD-detektorok ugyanis a fény színét nem érzékelik. Egy színes kép létrehozásához az adott objektumról három felvételt kell készíteni különböző színszűrővel. A használt három alapszín a vörös, a zöld és a kék, ezekből ugyanis additív színkeveréssel minden szín kikeverhető. Így három szürkeárnyaltos képet kapunk, amelyeket a számítógépes képfeldolgozó programban a megfelelő alapszínnel megszínezve nagyon pontosan egymásra kell illeszteni, és össze kell másolni (15. színes kép a mellékletben).

Csillagászati képek esetében általában nem a valóságghű színek visszaadása a cél, vagyis nem az emberi szem érzékelősejtjeinek érzékenységehez igazított szűrőket használnak, hanem valamilyen speciális és gyakran igen szűk hullámhossztartományban áteresztő szűrőt alkalmaznak. A HST csodálatos képeit nézegetve ne felejtjük tehát el, hogy szabad szemmel valószínűleg nem is olyanak látnánk egy-egy objektumot, mint a felvételeken. Például elképzelhető, hogy a nátrium, a hidrogén és a kalcium eloszlását vizsgálták a kutatók egy gázfelhőben. Ezekhez rendre a sárga, a vörös és az infravörös tartományban áteresztő szűrőket használtak, s a színes felvételen ezek rendre kék, zöld és vörös színnel jelennek meg. A képen a kék tehát nem az igazi kék színt jelöli, hanem azt, hogy ahol kék a felhő, ott főleg a nátrium bocsát ki fényt. Ezt a tudományban elterjedten használt eljárást „hamisszínes” technikának nevezik.

CCD-k az (amatőr)csillagászatban

A fotográfiától elindulva láthattuk, miért szükséges és milyen követelményeket támaszt a csillagászati képrögzítés, s hogy e szempontoknak kevésbé megfelelő fotográfiát miként és miért váltotta fel a CCD-technika, a digitális képrögzítés. Megismerve e három betű jelentését, a CCD-kamerák tulajdonságait s a képfeldolgozásban rejlő lehetőségeket, egy pillanatra gondolkodjunk el, mit is ad ez a technika a csillagászoknak és amatőröknek. Talán egy egyszerű példa jól megvilágítja a technikai fejlődést, s megindíthatja fantáziánkat az imént feltett kérdésre adandó válaszok keresésére.

Néhány évtizeddel ezelőtt senki sem gondolta, hogy egy csillagászat iránt érdeklődő egy 20–40 cm körüli tükörméretű távcsővel a kertje végéből megtudja határozni egy kvazár távolságát, vagy olyan 24 magnitúdós csillagokról készíthet felvételt, amelyeket halványságuk miatt a Palomar-hegyi 5 méteres óriástávcsővel nem lehet fotolemezen rögzíteni. Pedig amatőr csillagászok a CCD-technika lehetőségeit kihasználva elérték ezeket a hihetetlen eredményeket. Igaz, hogy kitartó munka, sok türelem és elszántság kellett a sikerhez – a megdöbbentő határfényesség eléréséhez több száz képet átlagoltak, amik

együttesen 42 órás expozíciót jelentenek; a kvazár fényét pedig egy egyszerű spektroszkóp segítségével vizsgálva a vöröseltolódás alapján határozták meg a távolságát. Olyan dolgokat valósíthattak meg amatőrök 2001-ben, amik 20–30 évvel korábban az óriástávcsöveket használó hivatásos csillagászok kiváltságai voltak.

Ha a mai amatőrök a képrögzítés terén elérhetik az akkori tudomány élvonalának szintjét, elképzelhető, hol tarthat ma a professzionális észleléstechnika... Mint láttuk, máris újabb detektorok jelentek meg a láthatáron, és néhány év múlva talán már csak egy bevezető fejezetben emlékeznek meg a ma szinte kizárólagosan alkalmazott, de akkora elavulttá váló CCD-detektorokról.

Irodalom

- [1.] BUIL, C.: *CCD Astronomy*, 1991, Willmann-Bell Inc.
- [2.] *CCD Astronomy*, 1994–1996 évfolyamok, Sky Publishing Corporation,
<http://www.skypub.com/imaging/ccd/ccdback.html>.
- [3.] CCD Detektor Laboratórium:
http://www.mssl.ucl.ac.uk/www_detector/ccdgroup/ccd.html.
- [4.] CCD University (Apogee): www.apogee-ccd.com/ccdu.html.
- [5.] CCD World: www.not.iac.es/CCD-world/.
- [6.] Imaging Technology Lab: <http://www.itl.arizona.edu/>.
- [7.] KUN MÁRIA: Búcsú a csillagászati fényképezéstől, *Természet Világa*, 2000. 2.
- [8.] Magyar Csillagászati Egyesület, *CCD szakcsoport honlapja*:
<http://ccd.mcse.hu>.
- [9.] MARTINEZ, P.: *Astrophotography II.*, 1987, Willmann-Bell Inc.
- [11.] *Meteor*, CCD rovat cikkei.
- [12.] WALLIS, B. D.–PROWIN, W. P.: *A manual of advanced celestial photography*, 1988, Cambridge University Press.

Mizser Attila

A Magyar Csillagászati Egyesület 2000/2001. évi tevékenysége

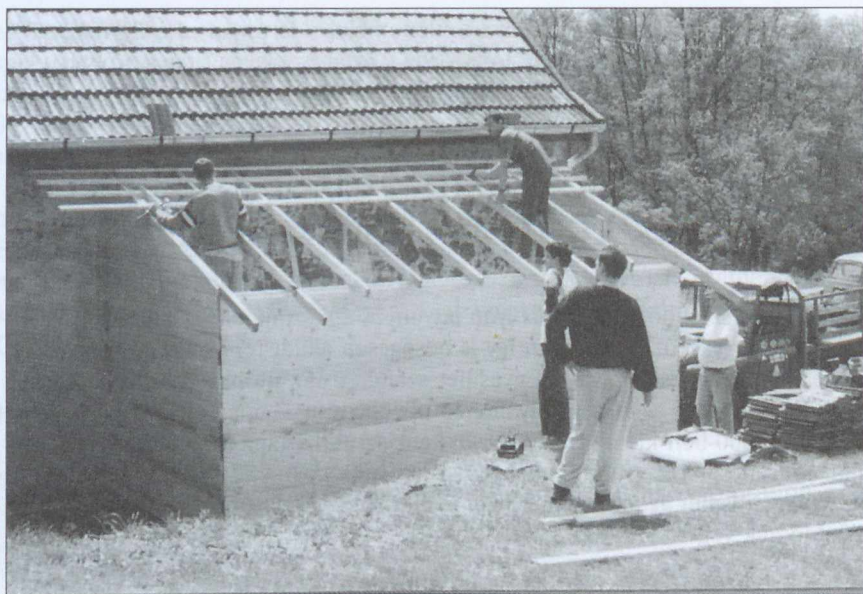
A 2000. esztendő nem ígért olyan látványos égi színjátékot, mint az 1999-es teljes napfogyatkozás, azonban így is bőségesen akadt tennivaló a csillagos ég alatt a Magyar Csillagászati Egyesület számára. Az utóbbi években megszokott tendencia — a tagság folyamatos növekedése — meglepetésünkre megtorpant, 2000-ben kis mértékben csökkent az aktív, tagdíjfizető tagság létszáma. Szerencsére ez csak átmeneti visszaesésnek bizonyult; a beszámolási időszak végén ismét az aktív taglétszám jelentős növekedéséről számolhatunk be. Az időszak végén adtuk ki a 3200-as tagsorszámot.

Kiadványaink

Egyesületi folyóiratunk, a Meteor 2001-ben közel 2000 példányban jelenik meg, ami kétszerese a tíz évvel ezelőtti példányszámnak. A kiadványt a Nemzeti Kulturális Alapprogram mellett a Pro Renovanda Cultura Hungariae Alapítvány is támogatta, azonban anyagi háttérét elsősorban az egyesületi tagdíjak képezik, és ez az egyetlen kiadványunk, amely jelentősebb (bár távolról sem elegendő) reklámbevételre is számíthat a hazai távcsőgyártók és távcsőforgalmazók révén.

A Meteor havonta átlagosan 64 + 4 oldalon jelenik meg (a plusz négy oldalt a színes képmelléklet jelenti), és jelenleg az első számú csillagászati periodika hazánkban. Nem csak az egyesületi tagsághoz jut el, hiszen megrendelői sorában könyvtárak, művelődési intézmények és iskolák is szép számmal akadnak.

A természettudomány eredményei közül a nagyközönséget elsősorban az orvostudomány és a csillagászat eredményei érdeklik. A csillagászat iránti nem lanyhuló érdeklődés minden bizonnyal annak is betudható, hogy a csillagos égbolt szép, a megfigyelhető égitestek nemcsak érdekesek, „egzotikusak”, hanem esztétikusak is. Épp ezért egyáltalán nem véletlen, hogy lapunk legnépszerűbb sorozata Az „új” Naprendszer, melyben az utóbbi évek legérdekesebb úrkutatási eredményeiből adunk ízelítőt, mindenkor sok képpel illusztrálva mondanivalónkat. A 2000. év során a következő témákkal foglalkoztunk: A Jupiter Europa holdja, Kisbolygók — közelről, A Mars, az aktív bolygó, Az Eros szik-



6.1. ábra. Az ágasvári műszertároló építése

lái, A Callisto és a Ganymedes. Ugyancsak képmellékletünkben, illetve az ahhoz kapcsolódó cikkben emlékeztünk meg a Hubble-űrtávcső első tíz évének eredményeiről, illetve a földfelszíni óriástávcsövekről.

A támogatásoknak köszönhetően 2000 nyarán jelentettünk meg első ízben dupla terjedelemben (128 oldalon) nyári összevont számunkat, ami igen nagy tetszést aratott az olvasók körében.

Bár nem tekintjük feladatunknak az űrhajózással kapcsolatos ismeretek terjesztését, egy-egy érdekesebb témát azért érdemesnek tartunk arra, hogy hosszabb cikket közöljünk róla. Ezért közzeltük kétrészes cikkünket a szovjet holdprogramról (a mai fiatalok alig hallottak arról, hogy az űrverseny csúcspontja idején milyen jelentős erőfeszítéseket tettek a szovjetek a Hold „meghódítása” érdekében), és ugyanezen okból kezdtük meg az űrállomásokot ismertető sorozatunkat.

A Meteor 2000/12. számához most először falinaptárat is mellékelünk, ami ugyancsak kedvező visszhangra talált.

A Meteor csillagászati évkönyv 2001-es kötetét 2000 novemberében jelentettük meg, 4000 példányban. Az 2001-es évkönyv minden korábbinál nagyobb terjedelemben látott napvilágot (326 oldal), és szerénytelenség nélkül elmondhatjuk, hogy szakmai színvonala is igen magas. Szerzőink jórészt az MTA Csil-

lagászati Kutatóintézete, illetve a Szegedi Csillagvizsgáló munkatársai közül kerültek ki. Bennünket is meglepett, hogy a kötet a karácsonyi könyvvásár egyik „sikerkönyvévé” vált, ugyanis a Fókusz Könyváruház eladási listáján az ötödik helyet érte el. Ebben nyilvánvalóan az is szerepet játszott, hogy a kiadványt évek óta szinte önköltségi szinten állítjuk elő, így fogyasztói ára a jelenlegi könyvkínálatot ismerve kimondottan alacsony volt (1344 Ft). Ezt az árat elsősorban az SZJA 1%-ából beérkezett felajánlásoknak köszönhetően tudtuk tartani.

Tudománytörténeti sorozatunk legújabb tagja a KESZTHELYI SÁNDOR és KESZTHELYINÉ SRAGNER MÁRTA által összeállított *Napfogyatkozás és honfoglalás*. A kötet a honfoglalás datálásával kapcsolatos kérdésekkel foglalkozik, illetve LAKITS FERENC csillagász személyével, aki elsőként mutatott rá arra, hogy a bizánci krónikák napfogyatkozás-feljegyzései alapján eldönthető a történészek körében zajló vita a magyarok bejövetelének időpontjáról.

2001 tavaszától két jelentősebb kiadvány szerkesztési munkáit kezdtük meg. PONORI THEWREWK AURÉL *Divina Astronomia* című munkája Dante Isteni színjátékának csillagászati vonatkozásait dolgozza fel. Az 1999-ben megjelent *Amatőrcsillagászok kézikönyve* az utolsó példányig elfogyott, így szükségessé vált a — javított és bővített — második kiadás előkészítése.

Internetes honlapunk: www.mcse.hu. Az Internet térhódításával egyre nagyobb jelentőséget kap jelenlétünk a világhálón. Egyesületünk honlapja egyike a legrégebbi hazai csillagászati oldalaknak: 1995 elejétől vagyunk elérhetőek ezen a „kapun” keresztül. 2001 közepéig 260 ezerszer lapozták fel honlapunkat, így a „www.mcse.hu” messze a leglátogatottabb hazai internetes információforrás az amatőrcsillagászat területén. A honlaphoz kapcsolódóan számos levelezőlistát is üzemeltetünk, ezek közül továbbra is az általános csillagászati kérdésekkel foglalkozó Csilla a legnépszerűbb.

Táborok, rendezvények

Immár egy évtizedes hagyománya van ifjúsági csillagásztáborainknak. Talvalyi ifjúsági táborunkat és az azt követő *Meteor 2000 Távcsoves Találkozót* törzshelyünkön, az Ágasvári Turistaházban tartottuk 2000. július 21–30. között. A rendezvényen több mint 200 fő vett részt. A mátrai helyszín tökéletes feltételeket biztosított az égbolttal való ismerkedésre éppúgy, mint az elmélyült szakmai munkát. A tábori hétköznapiakat kellemesen színesítette az MTA CSKI Pizskéstetői Obszervatóriumában tett látogatásunk, illetve az egri Csillagászati Múzeum (Specula) megtekintése. Ágasváron az egész időszak folyamán észlelőhétvégeket tartottunk, melyek közül a 2000. október 20–23. közötti „hosszú hétvége” Ágasvári Ősz elnevezésű észlelőakciója érdemel em-



6.2. ábra. A Polaris csillagvizsgáló épülete dél felől nézve

lítést. 2001. tavaszán műszertárolót építettünk a nagy helyigényű távcsövek kényelmes és biztonságos elhelyezésére.

2000 őszén folytattuk népszerű keddi *előadás-sorozatunkat* a budapesti Karinthy Szalonban, illetve december folyamán a Kossuth Klubban. A következő előadásokat hallhatták az érdeklődők:

- okt. 3. Széthulló üstökösök (Sárneczky Krisztián)
- okt. 10. Fényszennyezés – van még remény? (dr. Kolláth Zoltán)
- okt. 17. Víz a Marson (Kereszturi Ákos)
- okt. 24. Nővakítórések (dr. Kiss László)
- okt. 31. Évszázados szenzációk (Bartha Lajos)
- nov. 7. Észlelés a Dél Keresztje alatt (Szabó Gábor)
- nov. 14. Bolygóészlelés CCD-vel (Dán András)
- nov. 21. Leonidákkal a világ körül (Mizser Attila)
- nov. 28. Előny vagy hátrány holdnak lenni? (dr. Illés Erzsébet)
- dec. 5. Üstökösök és kisbolygók a Calar Alto
Obszervatóriumból (Szabó Gyula)

- dec. 12. A Meteor csillagászati évkönyv 2001 bemutatója
(Mizser Attila – dr. Szabados László – Taracsák Gábor)
- dec. 19. A Cassini-program (dr. Illés Erzsébet)

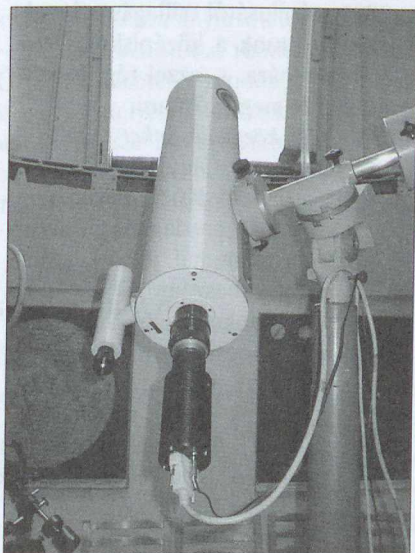
Sorozatunkat 2001 elejétől ismét szüneteltettük, mivel új bázisunkon, a Polaris Csillagvizsgálóban ekkor még nem voltak adottak a feltételek nagyobb létszámú közönség fogadására.

Az időszak vitathatatlanul legfontosabb eseménye az, hogy 2001. január 1-jétől egyesületünk kezelésébe került az óbudai *Polaris Csillagvizsgáló*. A Polaris az Óbudai Művelődési Központ tulajdonában van, egyesületünk ettől az intézménytől bérli a csillagvizsgálót.

A közel 100 négyzetméter alapterületű csillagvizsgáló 1979-ben épült. Főműszere egy Zeiss gyártmányú 15 cm-es Cassegrain-távcső, melyet 4 m átmérőjű kupolában helyeztek el. A megfigyeléseket és a nagyközönség fogadását nagyban segíti a 210 négyzetméteres észlelőterasz. Az Óbudán található csillagvizsgáló égboltja – budapesti viszonyok mellett – még elfogadható, a környéken viszonylag kevés a közvetlen fényszennyezés.

A Polaris Csillagvizsgáló birtokba vétele természetesen egy sor felújítási munkát is jelentett, mindenekelőtt fel kellett újítanunk a régóta használaton kívül álló kupolát. A csillagvizsgáló melletti, a kilátást zavaró fákat visszametsztettük. A belső helyiségek kifestése, az előadó parkettázása és még egy sor felújítási munka elsősorban Hollósy Tibor érdeme.

2001 első felében három nagyrendezvényt tartottunk a Polaris Csillagvizsgálóban. Január 9-én az új évezred első teljes holdfogyatkozása alkalmából mutattuk be a csillagvizsgálót tagjaink és a nagyközönség számára. A metsző téli hidegben mintegy 200 érdeklődőnek tartottunk távcsöves bemutatót és szabadtéri előadásokat az észlelőterazon. Március 31-én, a *Csillagászat Napján* a rossz időjárás miatt jóval kevesebben, alig százan látogattak el hozzánk. Az időszak legjobban sikerült eseménye a június 22/23-án lebonyolított *A Mars*



6.3. ábra. A Polaris távcsöve
CCD-kamerával felszerelve

éjszakája című rendezvény lett, melyen rekord számú, mintegy 500 főnyi érdeklődő vett részt. Ezek a programok mindenki számára ingyenesek voltak.

2001 februárjától a Polaris Csillagvizsgálóba helyeztük át keddi összejeveleinket, és megkezdtuk a rendszeres távcsöves bemutatásokat tagjaink és az érdeklődők számára. Heti három alkalommal fogadjuk az érdeklődőket (kedden, csütörtökön és szombaton), derült idő esetén a kupolában elhelyezett Cassegrain-távcsővel, illetve igény szerint az észlelőteraszról folytatjuk a bemutatásokat. Ezek a programjaink az egyesületi tagság számára ingyenesek, míg a nem MCSE-tagok számára 200 Ft a belépődíj (diákoknak és nyugdíjasoknak 150 Ft).

2001 márciusától csillagászati szakkört indítottunk a középiskolás korosztály számára – ezzel régi tervünket sikerült megvalósítani.

2001. évi közgyűlésünket április 7-én tartottuk, az Óbudai Művelődési Központban. A Közgyűlésen minden korábbinál gazdagabb ismeretterjesztő programmal jelentkeztünk. Az egyesületi beszámolók után az alábbi előadásokat hallgathatták az érdeklődők: Hogyan látjuk ma a csillagok felszínét? (Kóvári Zsolt); A kisbolygó kutatás újabb eredményeiből (Kereszturi Ákos–Sárnecky Krisztián); Extragalaktikus távolságmérés (Kiss László); A Kitt Peaken jártunk (Lázár József videofilmje); A március 30-ai sarki fény (Tepliczy István).



6.4. ábra. Távcsöves bemutatás a Polarisban a 2001. január 9-i holdfogyatkozáskor

Költségvetésünk

2000 folyamán bevételeink tovább növekedtek: teljes bevételünk összege 13.7 millió Ft. Ezen belül továbbra is a tagdíjak jelentik a legjelentősebb forrást (5.8 millió Ft). Ezt követik az SZJA 1%-ából származó felajánlások (1.8 millió Ft), a pályázatok (1.7 millió Ft) és a kiadványok bevételei (1.4 millió Ft). 2000. évi kiadásaink összege 10.25 millió Ft, ebben azonban nem szerepel a Meteor csillagászati évkönyv 2001 nyomdászamlája, melyet már az új évezredben egyenlítettünk ki.

2000–2001 folyamán két polgári szolgálatot alkalmaztunk, Kereszturi Ákost és Dudás Pétert.

Balázs Lajos

Az MTA Csillagászati Kutatóintézetének működése 2000-ben

A Magyar Tudományos Akadémia 2000-ben ünnepelte fennállásának 175. évfordulóját. Ebből az alkalomból a különféle tudományterületek a novemberi ünnepi ülészakhoz kapcsolódóan előadás-sorozatokat rendeztek. Ennek keretében került sor a Csillagászati és Űrfizikai Bizottság rendezésében a *Csillagászat az ezredfordulón* című rendezvényre, amelyen kutatóink is több előadást tartottak. Ugyancsak novemberben került sor intézetünkben az ELTE-vel közös rendezésében a fiatal doktoranduszok konferenciájára, amelyen pályakezdő kollégáink munkájukról, eredményeikről igen színvonalas előadásokban adtak számot.

Az év folyamán elért kutatási eredmények

A csillagok belső szerkezete – pulzáció

RR Lyrae típusú változók. A mátrai Schmidt-távcsővel az M3 gömbhalmazról 1998-ban készített CCD-felvételek feldolgozása befejeződött. A munkához publikus HST-képeket és a pizskétetői 1 m-es RCC- és Schmidt-távcsövekkel készült CCD-észleléseket használtuk. Megmutattuk, hogy a mátrai 1 m-es távcsővel a konvolúciós képkivonást (Image Subtraction Method) alkalmazva, a gömbhalmazok magjában levő, akár 18^m -s változó objektumok kimutatása is lehetséges. (BAKOS G., BENKŐ J., JURCSIK J.)

Az ω Centauri 125 változójának hosszú távú (100 év) periódusváltozását vizsgálva megállapítottuk, hogy az alapmódusú RRab csillagok nagy része fejlődési állapotuknak megfelelő mértékű periódusnövekedést mutat, szemben az első felhangban pulzáló RRc csillagokkal, ahol zömmel irreguláris periódusváltozást figyeltek meg. A halmaz Blazsko-effektust mutató RRab csillagjainak analízise során kimutattuk, hogy a jelenség ciklusideje az abszolút fényességgel, illetve pulzációs periódusukkal, esetleg fémességükkel korrelált. Ezzel először sikerült a ciklus hosszát más fizikai paraméterrel összekötni. (JURCSIK J.)

A MACHO gravitációs mikrolencse program keretében a Nagy Magellán-felhőben (LMC) felfedezett 181 kétmódusú RR Lyrae (RRd) csillag fizikai

paramétereit becsültük meg az adatbázis megfigyelési adatai, valamint lineáris pulzációs és csillagatmoszféra modellek segítségével. Az LMC RRd változókból ily módon közvetlenül kapott távolságmodulus $18^m.52$ -nak adódott. Ez az érték nemcsak a kétmódusú cefeidákból kapott értékkel esik egybe, de kitűnő egyezést ad a gömbhalmazbeli RRd változókból származó, sokkal pontosabb értékkel is. A különböző típusú változókból kapott igen hasonló távolságmodulus azt sejteti, hogy különböző fotometriai adatsorok szisztematikus hibái nem számottevőek. (KOVÁCS G.)

A turbulens konvekciót is figyelembe vevő Florida – Budapest hidrodinamikai kóddal RR Lyrae csillagok modelljeit vizsgáltuk, nevezetesen azt, hogy a pulzációs rezgési módus kiválasztásának milyen hatása van a HRD-n az alpmódus instabilitási sávja kék szélének meredekségére. Eredményeinkhez felhasználtuk a legújabb horizontális ági fejlődési modelleket is. Habár a modellek és a megfigyelések közötti eltérés némiképp csökkent, úgy tűnik, hogy a vizsgált jelenség önmagában nem képes feloldani az ellentmondást. (KOLLÁTH Z., SZABÓ R.)

Kiterjedt hidrodinamikai számítások és a modern idő – frekvencia módszerek segítségével modellparaméter-függő amplitúdóegyenleteket írtunk fel. Ezek az egyszerű egyenletek pontosan visszaadták a hidrodinamikai modellek dinamikai sajátosságait. Evolúciós fejlődési modellek és a paraméterfüggő amplitúdóegyenletek összevonásával pedig már időfüggő, egyszerű, közönséges differenciálegyenleteket vezettünk be. Ez a formalizmus lehetővé tette a pulzáció és evolúció kapcsolatának egzakt tanulmányozását. Vizsgáltuk a módusváltások időbeli lefolyását. Fontos eredmény, hogy a módusváltást bizonyos esetekben az evolúciós időskála szabályozhatja. (KOLLÁTH Z.)

δ Cephei változók. Kétmódusú cefeidákra érdekes összefüggést találtunk az egyes pulzációs rezgési módusok harmonikusainak R_{21} amplitúdóaránya és a két gerjesztett módus teljes amplitúdójának aránya között. Az összefüggésből – mely egyaránt érvényes a galaktikus és a Magellán-felhőbeli beat cefeidákra – az is következik, hogy nem létezhet olyan kétmódusú cefeida, amelynek egyik módusa csak egészen enyhén gerjesztődött. (SZABADOS L.)

Az OGLE projekt keretében az elmúlt évben publikálták a Kis Magellán-felhőben (SMC-ben) található kétmódusú cefeidák anyagát. Lehetővé vált, hogy lineáris pulzációs modellek segítségével kiszámítsuk ezen változók fizikai paramétereit. A kevésbé ismert paramétert, a fémesség értékét elég pontosan be lehetett határolni azon megkötés alapján, hogy a kétféle, két módusban pulzáló cefeida változók (alpmódusú és első felhangú, illetve első és második felhangú) ugyanazt a távolságmodulust adják. Eredményül a fémességre az $[Fe/H] = -0.8$ értéket kaptuk, amely nagyon közel van a szakirodalomban gyakran idézett -0.7 értékhez. A távolságmodulusra $19^m.05$ értéket kaptunk, amely az SMC és az LMC között az OGLE által adott $0^m.51$ távolságkülönb-

séggel, az LMC-re a „hosszú” távolságskálával megegyező értéket ad. (KOVÁCS G.)

Az OGLE adatbázis felhasználásával, a Kurucz-féle atmoszféramodellek segítségével meghatároztuk a Magellán-felhő megfigyelt cefeidáinak a hőmérsékletét és abszolút fényességét. A két mennyiségből és a megfigyelt periódusokból az intézetben kifejlesztett pulzációs kód segítségével becsültük meg a csillagok tömegét, amivel egy empirikus tömeg – abszolút fényesség összefüggést határoztunk meg. Eredményeink az elmélet és a megfigyelések között a Magellán-felhőkre kapott „hosszú” távolságskálával mutatnak jobb egyezést. (KOLLÁTH Z.)

δ Scuti csillagok. Koncepciót dolgoztunk ki, amely szerint a többszín-fotometriai megfigyelések képesek megkülönböztetni a gerjesztett módusok pulzációs karakterét. Elkészült a módusazonosítási kritériumok elméleti-logikai interpretálása. Eszerint a színek közötti fáziskülönbség jól meghatározott szinteket mutat a páros és páratlan horizontális kvantumszámú módusokra. A különböző színekben mért amplitúdóarányok csoportosulásai a radiális kvantumszámokat mutatják. Ez az interpretáció az elméleti kutatás pillanatnyi eredményeihez kapcsolódik, de messze túlmutat azon. (PAPARÓ M.)

Különböző módszerekkel vizsgáltuk az AE Ursae Maioris nagy amplitúdójú δ Scuti csillag pulzációjának stabilitását: a Fourier-analízis, a Fourier-fázis és $O-C$ diagram módszerek egyező eredményre vezettek. A más szerzők által kapott eredmény, mely szerint a fundamentális periódus erősen csökken, tévesnek bizonyult. A fundamentális periódus az elmúlt 60 évben lényegében állandó volt. A konstans fundamentális periódus arra utal, hogy a csillag fősorozat utáni fejlődési állapotban van. Érdekes további eredmény, hogy az első radiális felhang periódusa viszont csökken. A periódusok eltérő viselkedése arra utal, hogy a periódusváltozások oka nem-fejlődési eredetű is lehet. (PÓCS M., SZEIDL B.)

A mátrai állomás Schmidt-teleszkópjával objektívprizmás CCD-méréseket végeztünk a κ^2 Bootis δ Scuti csillagra. A kapott alacsony diszperziós spektrumokból, numerikus szűrőfüggvényeket használva, fotometriai (B, V) szűrőknek megfelelő, szimultán többszín-idősorokat származtattunk. (NUSPL J.)

Félszabályos változók. Az UY Pisciumot SRD változóként osztályoztuk. Az észlelésekből (1990–1992.) 134 napos periódus adódik. Figyelembe véve, hogy a csillag spektráltípusa M , a csillag valószínűleg SRA változó. (ZSOLDOS E.)

Aktív jelenségek csillagok légkörében

Modelleztük a V833 Tau, Nap típusú, aktív kettőscsillag két flerjének többszín-fotometriai észlelését, megbecsültük a flerek fizikai jellemzőit. A

mért fler a csillagon eddig a legerősebb volt, 1993 novemberében összesen 10^{34} erg energiát sugárzott ki a felszínnek kb. 1.3%-ára becsülhető területről, 60%-át a $V(RI)_C$ sávokban. A csillag multiciklikus viselkedését vizsgálva legalább három különböző időskálán jelentkező aktivitási ciklust mutattunk ki. Meghatároztuk a csillagfoltok átlagos hőmérsékletét, ami jól egyezik egy teljesen más módon (TiO-sávok modellezése), mások által kapott eredménnyel. (KÖVÁRI Zs., OLÁH K.)

A δ Geminorum óriáscsillag átfogó Doppler-leképezési analíziséből megállapítottuk a felszíni foltok jellemzőit, nyomon követtük azok mozgását, fejlődését. (KÖVÁRI Zs., OLÁH K.)

Méréseink szerint az általunk már hosszabb ideje megfigyelés alatt tartott TT Arietis kataklizmikus változó a szokásos, $0^d.1326 - 0^d.1331$ közötti periódussal jellemezhető „negatív szuperpúp” állapotból átment a „pozitív szuperpúp” állapotba ($P = 0^d.14926$). A váltás paraméterei jól egyeznek az elméletileg jósolt értékekkel, de maga az átmenet — eddig példa nélkül álló módon — szinte fényességváltozás nélkül következett be. A legújabb — részben saját, részben mások által végzett — mérések szerint lehetséges, hogy a rendszer fényessége 6 év körüli periódussal ciklikusan változik. (PATKÓS L.)

Feldolgoztuk a P Cygniről korábban kapott észleléseket. A vizsgált időszakban (1987–1993.) a csillag fényváltozása nem tért el a jelenleg észlelttől. A fénygörbe alapján 27 és 220 napos ciklusok feltételezhetők, ez összhangban van mások fotometriai eredményeivel. Ennél érdekesebb, hogy a 220 napos ciklushossz nagyjából megegyezik a héliumdobások ciklushosszával. (ZSOLDOS E.)

A mátrai Schmidt-, illetve 1 m-es teleszkóppal mértük az SN 2000E jelű szupernóvát. Az SN 2000E távolságmodulusa alapján a szülőgalaxis távolsága, 26 ± 6 Mpc, jó egyezést mutat a Tully–Fisher-összefüggéssel. (CSIZMADIA Sz.)

Az SN 2000B-ről kapott észlelések alapján a szupernóva, illetve a szülőgalaxis, az NGC 2320 távolsága némiképp bizonytalanul 106 Mpc, ami alátámasztja azt a korábban is ismert eredményt, hogy az NGC 2320 galaxis a Coma-galaxishalmaz halójának tagja. (CSIZMADIA Sz.)

Az SN 1999by pekuliáris Ia típusú szupernóva, 1999-ben Piskéstetőn, az 1 m-es távcsőre szerelt Photometrics CCD-kamerával több színben kapott fényességadataiból vörösdést, abszolút fényesség korrekció paramétert, és így távolságot is meghatároztunk. (SZABÓ R., TÓTH I.)

A napaktivitás vizsgálata

Kimutattuk, hogy a méteres hullámhosszakon észlelt nem-termikus rádió-zaj oka egy napfolt felbomlási folyamatát kísérő, a napfoltból radiálisan kifelé

mozgó, viszonylag kis fluxust képviselő, bipoláris jellegű aktivitás. Ez a folyamat táplálja a napfolt fölötti rádió zaj-vihart. (GESZTELYI L.)

Mágneses mérések (Kitt Peak), rádióészlelések (Nançay, Franciaország) és mágneses modellezés felhasználásával tanulmányoztunk két koronakitörést (coronal mass ejection, CME). Kimutattuk, hogy mindkét esetben a jelentős szabad mágneses energia tartalmú S-alakú (szigmoid) koronahurkok mágneses átkötődése és ezt követő egyensúlyvesztése, valamint expanziója vezetett a CME jelenséghez. Lágyröntgen-képek (Yohkoh), mágneses mérések (Kitt Peak) és mágneses modellezés felhasználásával tanulmányoztuk az egyik fenti CME-t produkáló aktív vidék hosszú távú (1995. október – 1996. január) fejlődését. Kimutattuk, hogy az aktív vidéket létrehozó mágneses fluxuscso a konvektív zónában felemelkedése közben külső örvények hatására deformálódott, 180° -kal elcsavarodott. Két aktív vidék fejlődését összehasonlítva kimutattuk, hogy a mágneses tér eloszlásában létrejövő hosszú távú változásokat leggyakrabban pusztán a differenciális rotációnak tulajdoníthatjuk. (GESZTELYI L.)

A Napról készített magnetogramokon „inverz differenciális rotáció” transzformációt hajtottunk végre, és azt találtuk, hogy a régebbi aktív vidékek alakításában a differenciális rotáció a meghatározó, míg a fiatal területeken a felnyomuló fluxus ellentétes irányú változást is létrehozhat. (GESZTELYI L., KÖVÁRI Zs.)

A Nap légkörének egyes rétegeiben vizsgáltuk a légkör fűtését több hullámhosszon, különböző műszerekkel. Az emittált többletfluxus (fluxus – alapfluxus) a mágneses fluxussűrűség függvényében hatványfüggvény szerint változik, és a függvény kitevője a vizsgált felhasznált spektrumvonal gerjesztési hőmérsékletétől függ. (GESZTELYI L., KÖVÁRI Zs., OLÁH K.)

A SOHO űreszköz MDI észleléssorozatainak felhasználásával nyomon követtük két szomszédos napfoltcsoport keletkezését és fejlődését. Bebizonyítottuk, hogy a két foltcsoport részben ugyanannak a mágneses fluxuskötegnek tengerikígyó-szerű, dupla felbukkanásának eredménye. Ez a megfigyelés szolgáltatta az első közvetlen bizonyítékot az U-hurkok létezésére. (GESZTELYI L.)

A NOAA 6850 és 7220/22 aktív vidékekhez a Kitt Peak National Observatory számítógépes adatbázisából beszerzett magnetogramok segítségével mennyiségileg meghatároztuk az újonnan felbukkant napfoltokkal kapcsolatosan elsüllyedt mágneses fluxus nagyságát. Ez kb. $16 \cdot 10^{21}$ maxwell f-polaritás volt a NOAA 6850 napfoltcsoportban. A YOHKOH űrszonda felvételein látható, hogy az új mágneses fluxus egyik esetben sem lép kölcsönhatásba az öreg napfoltokkal, ezért nagy flerek nem jelentkeztek, viszont a régi fluxus eltűnt, ez csak lesüllyedéssel magyarázható. (KÁLMÁN B.)

Vizsgáltuk a fotoszférában levő aktív vidékek dőlésszögének tér- és időbeli, valamint a folterület szerinti eloszlását. Ezt felhasználva megerősíthető az a nézet, hogy az aktív vidékek dőlésszögét nem a poloidális térnek a differenciális rotáció következtében előálló feltekeredése okozza, hanem a felemelkedő fluxuscsőre ható Coriolis-erő. (GERLEI O., TÓTH L.)

Vizsgáltuk a szoláris-troposzférikus hatások korábban publikált mágneses polaritásfüggésének hátterét. Az eredmények szerint a bolygóközi mágneses tér B_y komponensének kulcsszerepe van a folyamatban. Vizsgáltuk továbbá az ionoszféra-változások és a napfogyatkozások kapcsolatát. (LUDMÁNY A.)

Elvégeztük a legismertebb napfolterület-adatbázisok összehasonlító vizsgálatát, mely szerint a debreceni napfoltkatalógus jelenleg nemcsak a foltpozíciók pontossága, de a folterület-adatok szempontjából is a legmegbízhatóbbnak számít. Ennek a ténynek kiemelkedő jelentősége van a napállandó-modellezéssel kapcsolatban. (BARANYI T., GYŐRI L.)

Gyakorlatilag befejeztük a Debrecen Photoheliographic Data katalógust az 1988. évre. Csak a végső ellenőrzés és a publikálás van hátra, beleértve a FITS képeket tartalmazó CD-ket is. (BARANYI T., GYŐRI L.)

A kalocsai Haynald Obszervatórium fotoszférarajzai a rendszerességükben (negyven éven át minden derült napról van észlelés), valamint a minőségükben mind ez ideig egyedülállóak. A 6092 db rajz feldolgozása (a kötetek szétbontása, megfelelő módon történő digitalizálása, savmentes tárolódobozok készítése, az észlelés körülményeinek felkutatása, az anyag közzététele) kevés kivétellel elkészült. (TÓTH L.)

A Galaxis szerkezete és kozmogóniája

Kimutattuk, hogy az ISOPHOT műszer abszolút fotometriai mérései összhangba hozhatók a COBE/DIRBE műhold eredményeivel. A két műszer fotometriai rendszere egyszerű lineáris transzformációval összekapcsolható. A DIRBE $\rightarrow$ ISOPHOT transzformáció lehetőséget ad arra is, hogy a DIRBE mérésein alapuló és az egész égre érvényes állatövi fény modell felhasználható legyen az ISOPHOT észlelések korrigálására is. (ÁBRAHÁM P.)

Az ISOPHOT-tal az állatövi fény eloszlásában felfedezett sávokra merőlegesen felvett 12, 25, és 60 μm -es fényesséprofilból megmértük a sávok pozícióját, fényességét és amplitúdóját, megbecsültük hőmérsékletét (≈ 208 K, ami 1.8 AU heliocentrikus távolságnak felel meg), és felső határt adtunk a sávok szögperc léptékű finomszerkezetére. (ÁBRAHÁM P.)

Felhasználva az ISOPHOT valamennyi e célra alkalmas távoli infravörös térképét, meghatároztuk a galaktikus cirrusz fluktuációból eredő mérési bizonytalanság függését a felületi fényességtől és a hullámhossztól. A leghalványabb területeken a cirrusz mellett egy konstans fényességű és térbeli Poisson-

eloszlású zajkomponenst lehetett elkülöníteni, amelyet az extragalaktikus háttér sugárzás fluktuációjaként értelmeztünk. (ÁBRAHÁM P.)

31 Herbig Ae/Be csillag folt-interferometrikus méréseinek kisebb hányada (a 31-ből 7) esetében egy kiterjedt ($\approx 1''$) burok létezésére lehetett következtetni. Megalapozottnak tűnik az a hipotézisünk, hogy a Herbig Ae/Be csillagok elméleti modellezése során gyakran feltételezett optikailag vékony burkokat sikerült megtalálnunk. (ÁBRAHÁM P.)

Befejeztük a Cepheus Flare területén található, infravörös többletet mutató *B-A-F* típusú csillagok vizsgálatát. Új eredmény: a HD 203854 nagy sebességű (run away) csillag mozgásának iránya és sebessége arra utal, hogy ez a csillag a Cepheus Flare-t határoló buborékot létrehozó szupernóva kísérője lehetett. Ez esetben a buborék kora kb. $5 \cdot 10^5 - 10^6$ év, a korábban feltételezett $4 \cdot 10^4$ évvel ellentétben. (KUN M.)

Meghatároztuk az IC 2118 reflexiós ködhez tartozó molekulafelhők távolságát. A felhők az Orion – Eridanus buborék felénk eső szélén vannak, mintegy 200 pc távolságban. Piszkéstetői objektívprizmás $H\alpha$ felvételek és a 2MASS Second Incremental Release Point Source Catalog felhasználásával fősorozat előtti csillagokat találtunk a felhőkben, amelyeknek keletkezését a 200 pc-re levő Orion OB1 asszociáció nagy tömegű csillagai indították el. (KUN M.)

A Lynds 694 molekulafelhő és a hasonló sebességű HI felhők vizsgálata a Leiden – Dwingeloo adatbázisban megmutatta, hogy a felhő egy HI buborék szélén található – a Barnard 335 globulával együtt. A buborék belsejében van a PSR 1932+1059 pulzár, amelynek publikált távolsága 110 és 250 pc közt van, kora pedig kb. 1 millió év. A felhő keletkezése, fejlődése, alakja ezáltal értelmezhetővé vált. (KUN M.)

A ρ Ophiuchi óriás molekulafelhő központi területét (L1688) vizsgáltuk a 2MASS JHK_S színekben katalogizált pontforrás-adatbázisát felhasználva. A kapott multifraktál spektrumok szignifikánsan eltérnek a szimulált inhomogén Poisson-pontfolyamatokra jellemző spektrumoktól, amely eredmény mögött a felhő szerkezetében mutatkozó, 0,3 pc lineáris méret alatti struktúrák tehetőek felelőssé. Az alkalmazott módszerek tekintetében újdonságot jelentett a wavelet-analízishez kapcsolódó modulus maximum láncok használata, amelyek a pontfolyamatban mérhető lokális skála-exponensek hatékonyabb becslését teszik lehetővé. (BALÁZS L., VAVREK R.)

A felsőlégkör szerkezete

A San Marco V mesterséges hold megfigyelési anyagában az intézetben 1997-ben felfedezett hirtelen sűrűségcsökkenés jelenséggel kapcsolatban további vizsgálatokat végeztünk annak igazolására, hogy az ionoszférában fellépő, és már korábban is ismert plazmabuborékok hozzák létre a sűrűségcsökke-

néseket ionfékezés révén. Finomabb skálaosztással néztük meg az eloszlás maximumának helyét, amely 250 km-nek adódott, jó egyezésben az ionoszférára F-rétegének maximum-magasságával, illetve esettanulmányként a semlegeslégi körüli sűrűségcsökkenések idején megvizsgáltuk az ionoszféra viselkedését azokban az adatokban, amelyeket ugyancsak az említett holdon elhelyezett ionoszféramérő műszerek mértek. (ALMÁR I., ILLÉS E.)

A fél évre kiterjedő San Marco V megfigyelési anyagban mintegy 50 alkalommal 1–2 hullámhosszra kiterjedően olyan óriási amplitúdójú sűrűségi változást találtunk, ahol az amplitúdó a környezetében lévő hullámsávnak a tízszeresét is elérte. Magasságban 150–200 és 350–550 km között, helyi időben 18–20, 0–2 és 4–6 óra között, földrajzi hosszúság szerint 160–270° között lépett fel a legtöbb óriáshullám. (ALMÁR I., ILLÉS E.)

A sűrűségi hullámok amplitúdója a hold mérései alapján bizonyos magasságban ugrásszerűen megnő, és magas is marad mindaddig, amíg a hold nagyobb magasságban tartózkodik. Egyetlen eset fordult elő a félév alatt, amikor ugrásszerű amplitúdónövekedést regisztrált a San Marco V hold az előbbinél kisebb magasságban úgy, hogy rövid idő múlva újra lecsökkent a sűrűségi hullámok amplitúdója. (ALMÁR I., ILLÉS E.)

Egyéb témák

A Naprendszer kisebb égitestei. A HST PC2 és az ISO/ISOCAM megfigyeléseinek kombinálásával meghatároztuk a 22P/Kopff üstökös magjának méretét és geometriai albedóját: az effektív rádiusra 1.67 ± 0.18 km, a geometriai albedóra 0.042 ± 0.006 érték adódott. (TÓTH I.)

A Hubble-űrtávcső (HST) PC2 kamerájával sikeresen detektáltuk 13 rövid keringési idejű üstökös, valamint a különleges 29P/Schwassmann–Wachmann 1 objektum magját. Méretüket, nagyléptékű spektrális tulajdonságokat meghatároztuk. Megalapozottnak látszik az a feltételezés, hogy a rövid keringési idejű üstökösök legnagyobb része a Kuiper-övből ered, illetve a kentaurokkal hozható evolúciós kapcsolatba. (TÓTH I.)

16 nagyobb üstökösdarab vizsgálatára nyílt alkalom, amikor a C/1999 S4 (LINEAR) üstökösről a HST PC2 2000. augusztus 5-én, majd a VLT (Very Large Telescope) 2000. augusztus 6-án készített megfigyeléseket. Összevetve az összes eddig rendelkezésre álló megfigyelést azt lehetett megállapítani, hogy ez az üstökös a mostani napközelsége hónapjaiban progresszív feldarabolódás állapotában van. (TÓTH I.)

Egy lehetséges magyarázatát adtuk az 1996-ban üstökösszerű aktivitást mutató, de egyébként rendszeren a fő kisbolygó övben keringő 7968 Elst–Pizarro aszteroida-üstökös átmeneti objektum aktivitásának. A megfigyelt időleges aktivitás legvalószínűbb oka, hogy a 7968 Elst–Pizarro a 427 Galene kisbolygó-

val kapcsolatos, ez utóbbi pályáján szétszóródott törmelékanyaggal ütközött. (TÓTH I.)

Korábbi megfigyelések és a piszkéstetői 1 m-es RCC-teleszkóp CCD-kamerájával az 1999-es észlelőkampány során nyert adatok felhasználásával azt a következtetést sikerült levonnunk, hogy a MUSES—C japán űrszonda számára elsődlegesként kijelölt 1989 ML jelzésű célobjektum egy összetett forgómozgást végző aszteroida, és minden bizonnyal egy inaktív, kihunyt, vagy átmenetileg „alvó” üstökösmag. (TÓTH I.)

A mátrai Schmidt-teleszkóppal folytattuk a főövbe tartozó, valamint a NEA és PHA típusú kisbolygók asztrometriáját és fotometriáját. A NASA PDS SBN European Subnode tevékenysége keretében hozzákezdünk a Halley—VEGA TVS adatainak újrapalibrálásához és revíziójához. (KELEMEN J.)

Égi mechanika. A koorbitális mozgások tanulmányozására alkalmas szimplektikus leképezéseket fejlesztettünk ki. A leképezések a korlátozott háromtest probléma modelljében érvényesek. Mivel ez a leképezés csak a kisbolygó kis excentricitásértékeire érvényes, a továbbiakban azt vizsgáltuk, hogy lehetséges-e olyan leképezést találni, amelynél a generátorfüggvényként használt Hamilton-függvényt numerikusan átlagolják. A leképezéseket az eredeti mozgásegyenletek numerikus integrálásával ellenőriztük, és kiváló egyezést találtunk. (SÁNDOR Zs.)

Az IM Aurigae Algol típusú kettőscsillag keringési ideje 1380 nap körüli, és a mátrai CCD-mérésekből kapott eredmények szerint a pálya excentricitása 0.4 alatti. Ez utóbbi stabilabb pályát jelent, mint a korábban e csillagra meghatározott 0.7-es érték, amihez a szimulációik szerint erősen instabil pálya tartozik. (SÁNDOR Zs., CSIZMADIA Sz.)

Fedési változócsillagok. Két szoros fedési kettőscsillagról (V861 Herculis, V842 Herculis) történtek mérések a mátrai Schmidt-, illetve 1 m-es teleszkópra szerelt CCD-kamerával. A fénygöréből meghatároztuk a rendszerek abszolút adatait (a csillagok átlagsűrűségét, tömegét, luminozitását, méretét és alakját, felületi hőmérsékletét, a pálya méretét). (CSIZMADIA Sz.)

Gammafelvillanások. Publikáltuk a GRB 990712 gammakitörés optikai megfelelőjével kapcsolatos eredményeinket. Az optikai kép halványodását két módon is modelleztük: egy halvány galaxist, illetve egy abban fellobbant szupernóvát feltételezve háttérnek. (BAKOS G.)

A multifraktál analízis, Voronoi-tesszeláció és a minimális kifesztő fa térbeli statisztikai módszerekkel vizsgáltuk a kozmikus gammafelvillanások szögeloszlását. Időtartam, valamint energetikai szempontok szerint különböző alcsoportokra osztva a kitöréseket, szignifikánsan eltérő eloszlást mutatnak a „rövid—halvány” kitörések mind a többi csoporttól, mind pedig a Monte Carlo-szimulációval kapott pontmintázatoktól. (BALÁZS L., VAVREK R.)

Megállapítottuk, hogy a gammakitörések mért összenergiája és időtartama között más jellegű összefüggés van a rövid (< 2 s), illetve a hosszú (> 2 s) felvillanások esetén. A különbségek valószínűleg az energiafelszabadulásnak a két csoport közötti eltérő fizikai mechanizmusára utalnak. (BALÁZS L.)

Diamágneses Coulomb-probléma. Matematikai analízissel bebizonyítottuk, hogy pozitív Ljapunov-exponensek léteznek a sajátfüggvényre. Numerikusan is sikerült igazolni ezt az eredményt. A numerikus program ezen túl azt a meglepő eredményt adta, hogy a kötött állapotok sajátértékei 6 jegyre megegyeznek az irodalomban található sajátértékekkel, amelyek matematikailag bizonyítottan rossz (a végtelenben divergens) kifejtésből származnak. (BARCZA Sz.)

Archaeoasztrológia. Vizsgálataink során nyilvánvalóvá vált egy átfogó — a neolitikumtól a középkorig terjedő — napkultusz jelenléte a Kárpát-medencében. A kultusz neolitikus szentélyek, prehisztorikus temetők és középkori templomok tájolásában mutatkozik meg. Hét Árpád-kori temetőben megmértük a sírok tájolását. Az irányok eloszlása azt mutatta, hogy a temetés napjának napkeltéjéhez/napnyugtájához igazították a sír irányát. (BARLAI K., SZEIDL B., ZSOLDOS E.)

Publikációk

A beszámolási időszakban eredményeinket 94 tudományos közleményben jelentettük meg, amelyek közül 42-t idegen nyelvű folyóiratban, illetve 44-et nemzetközi együttműködésben.

Hazai szakmai kapcsolatok

A semleges felsőléggör és az ionoszféra kapcsolatának kutatásában együttműködünk a soproni GGKI-vel.

A beszámolási időszakban is részt vettünk az egyetemi oktatásban előadások, gyakorlatok tartásával, valamint szakdolgozati és doktori téma vezetésével. Kutatóink az alábbi előadásokat, illetve gyakorlatokat tartották:

ELTE-n: Előadás: Általános csillagászat III., Általános csillagászat IV., Általános csillagászat V., Asztrofizikai megfigyelési módszerek, Asztrostatisztika I–II., A csillagkeletkezés alapjai, Bevezetés a csillagászatba I., Csillagászat (a fizikatanár továbbképzőn), Csillagaktivitás — aktív csillagok II., Csillag légkörök fizikája, Csillagrendszerek dinamikája I–II., Eruptív változócsillagok, Kettőscsillagok, Műszertechnika IV.

Gyakorlat: Csillagászat a II. éves térképész szakosok számára, Bevezetés a csillagászatba az I. éves csillagász szakosok számára, Mérési gyakorlat a IV. éves fizikus (asztrofizika szakirány) szakosok számára.

DTE-n: Előadás: Csillagászat, Plazma-asztrofizika.

SZTE-n: Előadás: Galaktikus csillagászat.

Nemzetközi kapcsolatok

A beszámolási időszakban az alábbi nemzetközi együttműködésekben vettünk részt:

ESA-val kötött PRODEX-megállapodás a budapesti ISOPHOT subnode beindítására, MTA–OTKA–NSF projekt (Floridai Egyetemmel), MTA–JSPS projekt (Nagoyai Egyetemmel), francia–magyar Tét együttműködés, német–magyar Tét projekt, olasz–magyar Tét projekt, részvétel a MACHO affiliált programban, bolgár–magyar, egyiptomi–magyar, észt–magyar, lengyel–magyar, mexikói–magyar (CONACYT), orosz–magyar akadémiai együttműködés, a DPD katalógushoz nemzetközi együttműködések keretében a következő obszervatóriumokból kapunk észleléseket: Kiszlovodszk (Oroszország), Abastumani (Grúzia), Ebro (Spanyolország), Heluan (Egyiptom), Kijev (Ukrajna), Kanzelhöhe (Ausztria).

A beszámolási időszakban is részt vettünk a nyugat-európai DENIS (Deep Near-Infrared Survey of the Southern Sky) projekt munkáiban. Rendszeres kapcsolatot tartunk fenn a Floridai (USA), a Villanovai (USA), a Vanderbilt (USA), a Prágai (Csehország), a Nagoyai (Japán), a Római (Olaszország) Egyetemmel, valamint a varsói (Lengyelország), a potsdami (NSZK), az armagh-i (Észak-Írország), kanzhöhei (Ausztria), bécsi (Ausztria), marseille-i (Franciaország), meudoni (Franciaország), aarhusi (Dánia) és pulkovói (Oroszország) csillagászati intézetekkel.

A Nemzetközi Csillagászati Unió megbízásából az intézet kutatói szerkesztik az Internet hálózaton keresztül elektronikus formában elérhető *IAU Information Bulletin on Variable Stars* kiadványt. Ugyancsak az IAU megbízásából készül az intézetben a most már elektronikus formában elérhető *Debrecen Photoheliographic Results* katalógus.

Mind napfizikában, mind változócsillagászatban kutatóink rendszeresen részt vettek nemzetközi észlelési kampányokban.

Műszaki fejlesztés, számítástechnika

A 2000. évben pályázati pénzből beszereztünk egy Umax PowerLook 3000 nagyteljesítményű síkágyas szkennert, amellyel lehetővé vált a több évtizedet

felölélő fotografikus megfigyelési anyag korszerű, digitális feldolgozása. Az 1 m-es távcsövön üzemelő CCD-kamerával történő hosszú expozíciós idejű észlelések vezetési hibáinak kiküszöbölésére beszereztünk egy ST4-es automatikus követőrendszert.

A számítástechnika terén 2000-ben a legnagyobb fejlődés az Internet kapcsolatban történt. A Pizskéstetői Observatórium évek óta húzódó Internet bekötése megvalósult, és az intézet budapesti telephelyének kapcsolata is felgyorsult: immár 512 kbps. A Hungarnet fejlesztései következtében a Napfizikai Observatórium is gyors Internet-kapcsolattal rendelkezik. Az év során új hálózati nyomtatókat szereztünk be: egy A3-as színes tintasugarasat, és egy kétoldalasan nyomtató lézernyomtatót. Új processzor és további memória került az Sun Ultra Enterprise 250-es gépünkbe.

Az intézet személyi állományának alakulása

A Csillagászati évkönyv 2001. évi kötetében megjelent 1999. december 31-i állapothoz képest az alábbi változások történtek:

Intézetünk állományába került: Belencsik Balázs (mátrai állomás), Kádár Csilla (könyvtár), Kiss Gabriella (könyvtár), Sári Attiláné (Debrecen).

Intézetünkől eltávozott: Domsa István (könyvtár), Kádár Csilla (könyvtár), Kiss Ferenc (mátrai állomás), Sándor Zsolt (fiatal kutató), Varga Domokosné (könyvtár).

Érdi Bálint

Az ELTE Csillagászati Tanszékének működése 2000-ben

Személyi állomány

A tanszék személyi állománya az előző beszámolási időszakhoz képest nem változott. Tanszékvezető Érdi Bálint egyetemi tanár. A tanszék munkatársai: Balázs Béla egyetemi tanár (félállásban, főállásban a FEFA igazgatója), Petrovay Kristóf egyetemi docens, Tóth L. Viktor egyetemi adjunktus, Szécsényi-Nagy Gábor egyetemi adjunktus. Tóth L. Viktor a Finn Tudományos Akadémia ösztöndíjával 2000 júliusától a Helsinki Egyetem Csillagászati Tanszékén dolgozik. Oktatói feladatainak helyettesítésére Sándor Zsolt kapott megbízást.

Doktorandusz hallgatók: Balla Róbert, Csík Árpád, Dajka Emese, Kiss Csaba, Marik Dániel, Moór Attila, Süli Áron, Téger Ferenc, Varga Emese.

Oktatás

A tanszék oktatási tevékenysége az eddigi gyakorlatnak megfelelően folytatódott, erről részletes leírás a korábbi csillagászati évkönyvekben található. Fontos új esemény volt az önálló csillagász szak megindulása a 2000/2001. tanévben. A tanszéken folyó oktatással kapcsolatos részletes információk a <http://astro.elte.hu> címen találhatók.

A beszámolási időszakban a következő hallgatók tettek csillagászatból államvizsgát: Bakos Gáspár, Csubry Zoltán, Facskó Gábor, Mosoni László, Waldman Tamás.

Kutatás

A tanszéken hat fő témakörben folynak kutatások. A beszámolási időszakban elért fontosabb eredmények a következők.

Szoláris magneto-hidrodinamika

A csoport tagjai: Petrovay Kristóf (témavezető), Forgácsné Dajka Emese, Marik Dániel, Varga Emese.

A Nap konvektív zónája alatt fekvő alsó túllövési réteg modellezése keretében elsőként oldottuk meg a Reynolds-féle momentum-egyenleteket a reális szoláris rétegződés esetére oly módon, hogy a disszipációt nem egy szabad keveredési-hossz-paraméter segítségével jellemeztük, hanem a rá vonatkozó egyenletet is csatolva, az a modellből kiadódott. Az eredmények a fajlagos kinetikus energia hozzávetőleg lineáris csökkenésére utalnak az instabil réteg alatti, aránylag vékony túllövési rétegben. Eddigi eredményeinket a tenerifei SOGO konferencián mutattuk be (MARIK D., PETROVAY K.).

Érdekes eredményeket értünk el a szoláris tachoklína modellezésében. A magneto-hidrodinamikai egyenlet két dimenzióban (tengelyszimmetria) való numerikus megoldásával kimutattuk, hogy a tachoklína észlelt vékonyságát megmagyarázhatja egy 22 éves periódussal oszcilláló poloidális (dipól jellegű) mágneses tér is, ha a tachoklína aránylag erősen turbulens. Korábban csak a napbelsőbe fagyott állandó tér esetében mutatták ki ugyanezt, nem turbulens tachoklínt feltéve. Az eredményeket publikálásra készítjük elő (FORGÁCSNÉ DAJKA E., PETROVAY K.).

A témavezető meghívott áttekintő előadást tartott a Nap-dinamóról a 2000. szeptemberében Tenerifén megrendezett SOLSPA1 konferencián, melynek témája a Nap hatása volt a földi éghajlatra. Az előadás a konferencia nyitóelőadásaként hangzott el.

A 2001. októberében szintén Tenerifén megrendezett SOGO 2000 konferencián Forgácsné Dajka E., Marik D. és Varga E. vettek részt, posztterek bemutatásával.

Égi mechanika

Az égi mechanikai kutatások Érdi Bálint vezetésével folynak. A csoport tagjai Sándor Zsolt, Balla Róbert, Téger Ferenc és Süli Áron.

A korlátozott háromtest-probléma koorbitális régiójának (az 1:1 rezonancia környékének) vizsgálatára szimplektikus leképezési modellt dolgoztunk ki. A leképezés generátorfüggvénye a rövid periódusú tagok szerint átlagolt Hamilton-függvény. A leképezés fixpontjai és azok stabilitási indexe megegyezik az eredeti rendszerével, így azt a leképezés helyesen írja le. Ezen leképezés alapján vizsgáltuk a Lagrange-pontok körüli koorbitális tartományt a Nap–Jupiter rendszernek megfelelő tömegparaméter esetén. A leképezés az alapvető pályatípusok (librációs és lópatkó alakú pályák) mellett a retrográd holdpályákat is megadja. Mivel az átlagolt Hamilton-függvény sorfejtését az excentricitás szerint másodrendig vezettük le, a leképezés csak kis excentricitások esetén alkalmazható. További vizsgálatokat igényel olyan szimplektikus leképezés előállítása, mely tetszőleges excentricitásra jó.

Tovább folytattuk a Szaturnusz L_4 , L_5 pontjai körüli mozgások vizsgálatát. 18 000 fiktív aszteroida mozgásegyenleteit integráltuk 10 millió évre a Nap–Jupiter–Szaturnusz–aszteroida modellben a pályahajlás szerepének tisztázására (a korábban mások által végzett vizsgálatokban csak kis pályahajlású pályák szerepeltek). Ez a hosszú időtartamra végzett vizsgálat megerősítette azt a korábbi eredményünket, hogy stabil pályák csak kis inklináció ($i < 15^\circ$) és nagy librációs amplitúdó esetén létezhetnek.

Vizsgáltuk az 1:2 rezonancia szerkezetét a Kuiper-övben, a korlátozott háromtest-probléma modelljében a Ljapunov-exponensek és a gyors Ljapunov-indikátorok módszerével. Kimutattuk, hogy az 1:2 rezonanciánál a pályák stabilak, ha excentricitásuk kisebb 0.3-nél. Eredményünk jó egyezésben van mások több száz millió évre történt numerikus integrálásával. A Kuiper-objektumoknak az 1:2 rezonanciánál tapasztalható hiánya milliárd éves időskálán kialakuló instabilitásokkal lehet kapcsolatban.

2000 júniusában rendeztük meg a Csillagászati Tanszéken a 2. magyar–osztrák égi mechanikai workshop-ot *On Trojans and related topics* címmel, melyen fenti kutatási eredményekről is beszámoltunk.

Galaxisdinamika

A galaxisdinamikai kutatások keretében Balázs Béla a Lin-féle galaktikus gravitációs sűrűség hullámok szögsebességének empirikus vizsgálata során tovább folytatta a rövid, illetve hosszú hullámok gerjesztődésével szervesen összefüggő korotációs zóna (ahol a galaktikus anyag és a spirális minta szögsebessége közel azonos) elhelyezkedésével kapcsolatos kutatásait. Miután az előző beszámolási időszakban további bizonyítékokat nyertünk arra vonatkozóan, hogy a korotációs zóna szomszédságában vagyunk, tovább folytattuk annak vizsgálatát, hogy az előbbi felismerésnek milyen következményei vannak az esetleges extraterresztrikus civilizációk galaktikus eloszlására nézve, továbbá elemeztük a kapcsolatfelvétel lehetséges interdiszciplináris hatásait is. A témavezető a beszámolási periódusban előadást tartott a Nemzetközi Asztro-nautikai Szövetség Rio de Janeiro-ban tartott kongresszusán.

A csillagközi anyag fizikája

A kutatások Tóth L. Viktor irányításával folynak. A program résztvevői: Kiss Csaba és Moór Attila korábbi és jelenlegi doktoranduszok, valamint Eredics Mária, Könyves Vera és Kiss Zoltán csillagász hallgatók. A csoport folytatta a galaktikus csillagközi anyag szerkezetének vizsgálatát 0.1–500 pc skálán, műholdas (ISO, IRAS), földi optikai és rádiócsillagászati mérésekkel. Eredményeikről számos hazai és nemzetközi fórumon számoltak be.

A Felső-Cepheus–Cassiopeia terület csillagközi felhői. A lökéshullám-átvonulás jeleit magukon hordozó kis felhők (Khav-15, L1247) sok hullámhosszú felmérését befejeztük, és publikáltuk (KISS Cs., TÓTH L. V., MOÓR A.). A Cepheus leghidegebb porfelhőiben a csillagközi extinkciót és a $170\ \mu\text{m}$ -es égboltfényességet $A(B) = 5^{\text{m}}$ -ig lineárisan korreláltak találtuk, a porhőmérsékletektől függetlenül. Ez jó bizonyítéka annak, hogy ezen a távoli infravörös hullámhosszon csak egy porkomponens (a nagy szemcsék) sugárzása jelentős. A felhőkben hideg magokat azonosítottunk (KISS Z., EREDICS M.).

Felhőmagok. Az effelsbergi 100 m-es rádiótávcsővel az L1082, L1155 és a GF9 felhők ammónia térképezését sikerült elvégezni. Hat felhőmagban különösen jó (10/1) jel/zaj aránnyal detektáltuk az (1,1) és (2,2) inverziós vonalakat. Ebből a kinetikus hőmérséklet 0.5 K pontossággal meghatározható. A felhőmag összehúzódási folyamata a hőmérséklet 10 K-re, illetve ez alá csökkenésével kezdődik, a termikus energiát a csillagközi molekulák vonalain (elsősorban CO) sugározza ki a felhő. Megmutattuk, hogy a hideg felhőmagokban a porhőmérséklet is alacsony (TÓTH L. V.). Ezt a gáz–por kölcsönhatás okozza, ami eredményünk szerint csak a hideg és sűrű magokban hatékony. A csillagoktól távol eső sűrű magokban a por sugárzási és a gáz kinetikus hőmérséklete is 10 K körüli a Chamaeleon és a Cepheus terület vizsgálata alapján.

Kis skálájú struktúrák távoli infravörös vizsgálata. A távoli infravörös tartományban különösen fontos szerepe van az ún. égi konfúziós zajnak, amely bizonytalanságot okoz egy égi forrás fluxusának meghatározásában, amiatt, hogy a háttér fényessége számottevően változik a forrás és a referencia pozíciók között. Ez a bizonytalanság nem csökkenthető hosszabb integrációs idővel, és a halvány pontforrások megfigyelésének legalapvetőbb határát jelenti. A konfúziós zajnak két fő komponense van a távoli infravörös tartományban: a Tejútrendszer HI felhőiben található por sugárzása (az ún. cirrusz emisszió), valamint az extragalaktikus háttér fluktuációi. A két komponens alapvetően különböző térbeli eloszlást mutat, ennek alapján megkísérelhető szétválasztásuk.

Az ISO műhold ISOPHOT műszerével vizsgáltunk 40 égi területet, összesen 175 térképen, a 90 és $200\ \mu\text{m}$ közötti hullámhosszakon. Ezen adatok alapján megállapítottuk a konfúziós zaj függését a hullámhossztól, az észlelt terület fényességétől, valamint a mérő és referencia apertúra távolságától. Eredményeink alapján becslést tudunk adni a konfúziós zaj várható értékére egy adott hullámhosszon az égbolt bármely pontján. Megállapítottuk, hogy az égbolt távoli infravörösben leghalványabb területein az extragalaktikus háttér a domináns konfúziós zajforrás, és egy új módszer segítségével becslést adtunk a fluktuációk amplitúdójára 90 és $170\ \mu\text{m}$ -en (KISS Cs., ÁBRAHÁM P.). Ered-

ményeink kiváló egyezésben vannak a más módszerekkel nyert értékekkel. Ez különösen $90\mu\text{m}$ -en jelentős, ahol eddig csak egyetlen becslés volt ismert. Munkánk felhasználható a jövő infravörös űrtávcsöveinek (Herschel, Astro – F) tervezése során.

Ugyanezen adatbázist felhasználva a Fourier-teljesítményspektrumok analízisével a kis skálájú struktúrákat vizsgáltuk különféle fizikai állapotú égi területek esetében („üres” mező, cirrusz, molekulafelhő). Eredményeink azt mutatják, hogy a spektrálindeksek (a mérés hullámhosszától függően) függnek a terület fényességétől, és hasonló fizikai állapotú mezők esetében sem ugyanazok, mint ahogyan azt eddig feltételezték. Azt is megállapítottuk ugyanakkor, hogy a különböző hullámhosszakon mért spektrálindeksek viszonya jól jellemzi a mezők fizikai állapotát, s így belső szerkezet (pl. fraktál) leírója lehet (KISS Cs., ÁBRAHÁM P.).

Infravörös hurkok. A Naprendszer környékének távoli infravörös felmérését hallgatók bevonásával végeztük. A III. galaktikus negyed infravörös hurkainak katalógusával Könyves Vera OTDK I. díjat nyert. Már 300-nál több távoli infravörös hurkot mutatunk be interneten elérhető katalógusunk színes oldalain. A galaktikus HI (21 cm-es) adatokkal összevetve megállapítható, hogy a hurkok legalább egy része csillagközi buborék vetületi képe.

Indukált csillagkeletkezés. A csillagközi anyag felületi sűrűsége a buborékhéjak irányában 1.4-szerese az adott galaktikus szélességen a héjakon kívüli átlagos sűrűségnek. A T Tau-szerű infravörös színindexeket mutató IRAS források ugyanakkor 1.7-szer gyakoribbak az infravörös hurkok irányában, mint azokon kívül. Ez megfigyelési evidencia a kis tömegű csillagok indukált keletkezésére. Ezt a 2000-ben lezárt OTKA pályázatunk egyik legfontosabb eredményének tekintjük, melynek ellenőrzésére már megkezdtük a preprotosztelláris felhőmagok és az infravörös hurkok eloszlásának összehasonlító elemzését (TÓTH L. V.).

Csillaghalmazok flercsillagainak vizsgálata

Szécsényi-Nagy Gábor tovább folytatta a Tejútrendszerben megfigyelt vörös törpecsillagokra vonatkozó asztrometriai, energetikai, kinematikai és spektroszkópiai adatok gyűjtését, feldolgozását és kiértékelését, különös tekintettel a kromoszférikusan aktív flercsillagokra. A ROSAT All-Sky Survey (RASS) digitális adatbázisának használata további információkat biztosított.

Ahhoz, hogy a témavezető pontosan megbecsülhesse a közepes galaktikus szélességeken fekvő, fleraktív csillagokat is tartalmazó csillaghalmazok és asszociációk tipikus röntgenforrás-tartalmát, elkészítette az északi és a déli galaktikus félgömb 35° alatti szélességű és 150° – 240° -ig terjedő galaktikus hosszúságú régióinak átlagos forrásgyakoriság-modelljét. A RASS in-

terneten keresztül is futtatható objektumválogató rutinjának segítségével két röntgenforrás-típust volt célszerű megkülönböztetni annak érdekében, hogy statisztikai módszerekkel még kiértékelhető sokaságot kapjon, de lényeges morfológiai információt ne veszítsen. Közülük a pontszerűnek definiált források részben azonosíthatók voltak ismert optikai objektumokkal – sok esetben halvány, hideg törpecsillagokkal –, míg a meglehetősen inhomogén populációt adó kiterjedt röntgenforrások természete ma még jórészt ismeretlen. Ezek éppúgy lehetnek galaktikus objektumokkal asszociáltak, mint extragalaktikus eredetűek. Munkája eredményeként megszületett az említett égboltrésznek e két röntgenforrás-kategóriában mérvadó simított forráseloszlás-térképe, amit különböző térbeli felbontású digitális adatmezők formájában állított elő.

A röntgenadatokból kitűnik, hogy míg az optikai fotometria segítségével a legidősebb halmazban, a Hyadokban csak elvétve sikerült flercsillagokat fölfedezni, addig a ROSAT PSPC mérései szerint e régióban markánsan megemelkedett röntgensugárzási szint uralkodik, illetve nagy számban vannak jelen olyan halvány és hideg törpecsillagok, amelyek meglepően magas röntgenaktivitást mutatnak. Ezek biztos azonosítása sok esetben még elvégezhetetlen.

Kutatási eredményeiről a témavezető 2000 novemberében a szicíliai Ericében megrendezett *Astrophysical Sources of High Energy Particles and Radiation* című NATO Advanced Study Institute meghívott előadójaként tartott előadást.

Extragalaktikus kutatások

Az MTA Csillagászati Kutatóintézetének Piskésetetői Observatóriumában több évtized alatt gyűjtött, népes galaxishalmazok vidékét különböző időpontokban megörökített fotografikus észlelési anyag egy reprezentatív részének újrafotometráálásával Szécsényi-Nagy Gábor bekapcsolódott egy nemzetközi kutatócsoport munkájába, melynek közvetlen célja, hogy nagy látómezű fotografikus távcsövek (elsősorban fél métert meghaladó szabad nyílású Schmidt-kamerák) archív felvételi anyagának modern műszerekkel és a legmegbízhatóbb módszerekkel elvégzendő szisztematikus kiértékelésével ellenőrizzék a galaxishalmazok hűtőáramában zajló csillagkeletkezési folyamatokra vonatkozó hipotézisek helytállóságát. Silk és munkatársainak a röntgensugárzó galaxishalmazokban történő csillagformálódást taglaló elképzelése közvetve arra utal, hogy a lehűlő gáz a rendszerben keletkező szupernóvák folyamatosan újrahevítik, ezzel nagymértékben csökkentve új csillagok létrejöttének valószínűségét. A kidolgozott forgatókönyv tesztelésére az Ia típusú szupernóvák kitöréseinek statisztikai vizsgálata tűnik a legígéretesebbnek. A program keretében a Tejútrendszerhez viszonylag közeli A 426 katalógusszámú, a Perseus csillagkép területén található extragalaxis-halmaz szupernóvagyakoriságát tanulmányozták.

Szatmáry Károly–Kiss László

A Szegedi Csillagvizsgáló tevékenysége 1999–2000

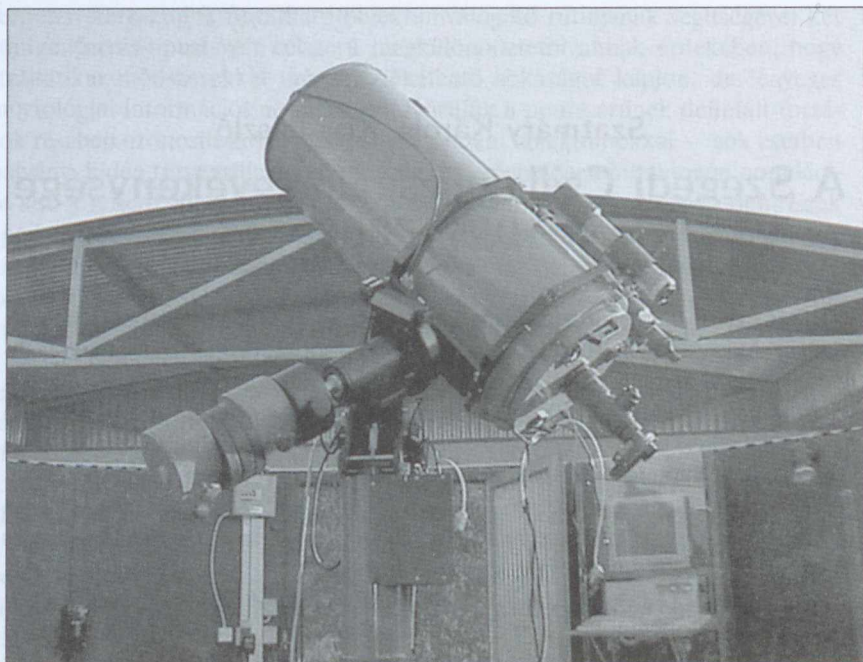
E két évben nagy változások történtek a szegedi csillagászat berkeiben. A Magyar Akkreditációs Bizottság, valamint a Felsőoktatási és Tudományos Tanács javaslata alapján az Oktatási Minisztérium engedélyezte, hogy a Szegedi Tudományegyetem (SZTE) Természettudományi Karán (volt JATE TTK) az 1999/2000-es tanévtől *egyetemi szintű csillagász szak* induljon. Hazánkban eddig csak a budapesti Eötvös Loránd Tudományegyetemen képeztek csillagászokat. A csillagász szak nem tanári, hanem kutatói szak. A képzés 5 éves (10 féléves), a hallgatói létszám 12 fő. Már az első évben jelentős, 3-4-szeres túljelentkezés volt, ami azóta is jellemző a szakra.

Az újszegedi (Kertész utcai) obszervatóriumot a SZTE és a Szegedi Csillagvizsgáló Alapítvány közösen működteti. A szakmai felügyeletet a Kísérleti Fizika Tanszék csillagász csoportja látja el egy kolléga részvételével, aki az Optikai és Kvantummechanikai Tanszéken dolgozik.

A SZTE Szegedi Csillagvizsgáló jelenlegi munkatársai: dr. Satmáry Károly egyetemi docens, dr. Vinkó József egyetemi docens, dr. Kiss László egyetemi tanársegéd, dr. Gergely Árpád László tudományos főmunkatárs (Magyary Zoltán-ösztöndíjas), Balog Zoltán (jelenleg USA-tanulmányúton) és Kaszás Gábor doktorandusz (PhD) hallgatók, illetve Csák Balázs, Fűrész Gábor és Szabó Gyula csillagász hallgatók, demonstrátorok. Tudományos diákköri munkája révén Sárneckzy Krisztián, az ELTE hallgatója is részben a csillagvizsgálóhoz kötődik. Kiss László 2000-ben megvédte PhD-értekezését.

Műszerfejlesztés

Egy OTKA pályázatunk anyagilag lehetővé tette a 40 cm-es Cassegraintávcsövünk teljes felújítását. Az igen masszív tengelykereszt és a tubus cseréjét főleg az indokolta, hogy automatizált, számítógéppel vezérelt, korszerű műszert használjunk. Gyakorlatilag a talpon kívül csak a fő- és a segédtkör maradt a régi. Beszereztünk és a távcsőre telepítettünk egy SBIG gyártmányú



6.5. ábra. A felújított 40 cm-es távcső

ST-9E CCD kamerát, szűrőváltóval, benne Johnson B, V, R, I szűrőkkel. E munka oroszlánrészét Fűrész Gábor végezte el, TDK-dolgozatában¹.

Tudományos eredmények

A korábbi évekhez hasonlóan első helyen a pulzáló és fedési változócsillagok kutatása szerepel, de néhány éve kibővítettük a tematikát a kisbolygók, nógák, szupernógák és csillaghalmazok vizsgálatával. Kutatásaink során fotometriai, spektroszkópiai és asztrometriai méréseket végeztünk Magyarországon (Szeged, MTA CSKI Piskéztetői Obszervatórium), illetve Kanadában (David Dunlap Observatory) és Spanyolországban (Calar Alto, Sierra Nevada). Az alábbiakban az érdekesebb eredményekből válogatunk.

1. <http://pluto.physx.u-szeged.hu/~fureszg/tdk-2k/tdk-2.html>) és *Meteor* 2001. 2.

Félszabályos vörös változók

70–90 év hosszú időszakot lefedő vizuális fénygörbék alapján megvizsgáltuk nyolc félszabályos változócsillag amplitúdóváltozásait. Az alkalmazott módszerekkel (Fourier- és wavelet-analízis) külön-külön sikerült megvizsgálni a periódus és az amplitúdó módosulásait. Az Y Persei szén-Mira esetében a hosszú távú amplitúdócsökkenés mellett új módusok gerjesztését is kimutattuk. A változások időskálái a pulzáció és a konvekció erős csatolását valószínűsítik. Két csillagban (W Cygni, AF Cygni) az ismétlődő módusváltás okozza a folyamatos amplitúdómodulációt, míg az RY Ursae Majoris esetében a lassan forgó csillag erősen torzult alakjával magyaráztuk a moduláció szabályosságát. Három csillagban (RX Ursae Majoris, RY Leonis, V Canum Venaticorum) a fénygörbe frekvenciaspektruma két közeli csúcsot tartalmaz, amit a domináns radiális módushoz közeli nemradiális módus megjelenésével értelmeztünk.

Az AI Aurigae 11 évet lefedő Strömgren *by*-fotometriai adatsora alapján meghatároztuk a csillag legfontosabb paramétereit, valamint a pulzációt leíró jellemzőket. A félszabályos fénygörbét 65 nap körüli átlagos ciklushossz jellemzi, míg a fényváltozás amplitúdója bizonyos ciklusokban eléri a $0^m.6$ -t is. A $b-y$ színindex teljesen párhuzamosan változik a V fénygörbével, ami a radiálisan pulzáló változócsillagok jellemzője. Az infravörös színek, valamint a spektráltípus alapján a csillag alapmódusban, esetleg első felhangban pulzál.

Osztrák kollégákkal együttműködve összehasonlítottuk 9 félszabályos változó 4–5 évet lefedő szimultán fényesség- és radiálissebesség-változásait. Eredményeink szerint a fénygörbék igen pontosan „tükröképei” a radiálissebesség-görbéknek, ami alapján a fényváltozás oka leginkább a csillagok radiális pulzációja. Ugyanakkor bizonyos eltérések nem magyarázhatók tisztán pulzációval, hanem inkább hatalmas konvekciós cellák megjelenésével a fotoszférában.

Pulzáló változók az instabilitási sávban

Felvettük és publikáltuk két klasszikus cefeida változó UBV fénygörbéjét. Közülük a DL Cassiopeiae az NGC 129 nyílthalmaz tagja, spektroszkópiai kettőscsillag. Sem a DL Cas, sem az FM Cassiopeae esetében nem találtunk szignifikáns periódusváltozást.

Három éjszaka szűrő nélküli CCD-méréseket végeztünk az XX Cygni nagy amplitúdójú δ Scuti változóról. Összesen öt új maximumidőpontot mértünk ki, majd összegyűjtöttük az irodalomból az összes maximumidőpontot. Elkészítettük a közel 100 évet lefedő $O-C$ diagramot, ami alapján a pulzációs periódus az 1940-es években történt periódusugrás óta változatlan értékű. Megadtunk egy új efemerist, amivel további pontos mérések tervezése lehetséges.

Befejeztük 18 cefeida változó nagyfelbontású optikai spektroszkópiai méréseinek analízisét. Megvizsgáltuk a radiálissebesség-mérés pontosságát befolyásoló tényezőket, és kvalitatíve jellemeztük a különböző fémvonalak között fellépő sebességkülönbségeket. Baade–Wesselink-analízissel meghatároztuk a Hipparcos által felfedezett új cefeida, a CK Camelopardalis egyensúlyi sugarát ($31 R_{\odot}$). A spektroszkópiai kettőscsillag V1334 Cygni esetében olyan vonalprofil-változásokat figyeltünk meg, amelyeket az optikai tartományban a cefeidáéval közel azonos fényességű, eddig ismeretlen kísérő is okozhat.

Szoros kettőscsillagok

Saját *UBV* és *uvby* fotometriai, valamint közepes felbontású spektroszkópiai mérések (David Dunlap Observatory) alapján elvégeztük a HV Ursae Majoris változócsillag teljes analízisét. A Hipparcos asztrometriai műhold által felfedezett, és RR Lyrae típusba besorolt csillagról kimutattuk, hogy valójában egy W UMa típusú kontakt kettőscsillag. Elméleti modellek segítségével meghatároztuk a kettős rendszer alapvető fizikai paramétereit (felszíni hőmérséklet, tömegarány, sugár, felszíni gravitációs gyorsulás, fémtartalom, a keringés pályájának paramétereit). A főkomponens egy szubóriás vagy óriáscsillag, a másodkomponens nagy hőmérséklettöbblete arra utal, hogy a kettőscsillag asztrofizikai értelemben nemrég vált kontakttá.

A HW Virginis szoros kettőscsillagról (sdB főkomponens + vörös törpe másodkomponens) CCD-fotometriai, valamint objektívprizmás spektroszkópiai méréseket végeztünk. A kisfelbontású spektrumokból digitális konvolúcióval standard Johnson-VRI differenciális fénygörbéket határoztunk meg, melyekre konzisztens elméleti modellt sikerült illeszteni. A reflexiós effektus mértéke alapján a másodkomponens albedója egység körüli. A 17 évet lefedő teljes *O–C* diagram alapján az 1990-es hirtelen perióduscsökkenés óta a keringési periódus állandó értékű.

Meghatároztuk az 1999 decemberében feltűnt nóa, a V1494 Aql legfontosabb jellemzőit kis és közepes felbontású optikai színeképek alapján. Az északi égen az 1975-ös V1500 Cygni óta legfényesebb nóa tipikus gyors nóa volt, azaz maximumát követően gyorsan halványodott. Később ennek üteme jelentősen lelassult. A hidrogén vonalprofilok alapján a robbanás során ledobott anyag kb. 1800 km/s sebességgel hagyta el a rendszert.

Elvégeztük a CI Aquilae visszatérő nóa (= Nova Aql 1917) 2000. évi kitörésének spektroszkópiai analízisét kis és közepes felbontású optikai színeképek alapján. A CI Aql az U Sco altípus minden jellemzőjét mutatja (pl. a kitörések fénygörbéje nem ismétlődik szigorúan, a He és N vonalai erősek). A robbanás során 2000–2500 km/s sebességű anyagledobódás történt. A Na I D dublett intersztelláris komponensei, valamint több diffúz intersztelláris sáv alapján a

csillag vörösödése $E(B - V) = 0.85 \pm 0.30$. A kezdetben szimmetrikus $H\alpha$ vonal előbb erős P Cygni-profilú mutatott, majd kb. egy hónappal a maximum után jellegzetes vonalkettőződés volt megfigyelhető, amit a kettős rendszer keringési síkjára merőlegesen kidobott anyagfelhővel magyarázhatunk.

CCD-fotometriai méréseket végeztünk két planetáris köd fedési kettős központi csillagáról (UU Sagittae, V477 Lyrae). Az összesen hat éjszakán felvett mérések, valamint az irodalomból összegyűjtött minimumidőpontok alapján megvizsgáltuk az esetleges periódusváltozásokat. A V477 Lyrae esetében nem találtunk változást, míg az UU Sge periódusát sikerült pontosítani az évtizedes $O - C$ diagram segítségével.

Két fényes extragalaktikus szupernóva megfigyelésével is foglalkoztunk. Az NGC 2841 galaxisban fellángolt 1999by-ról spektrumokat vettünk fel a David Dunlap Obszervatóriumban. Megállapítottuk, hogy az SN 1999by ún. pekuliáris Ia típusú szupernóva volt, azaz maximumban halványabb, mint a legtöbb ilyen objektum. Az NGC 6951-ben feltűnt SN 2000E-ről hosszú időtartamú CCD-fotometriai és objektívprizmás spektroszkópiai felvételeket készítettünk, budapesti és bajai kollégákkal való kooperációban, négy különböző obszervatóriumból (Szeged, Piskéstető, Baja, Calar Alto). A szintén Ia típusú szupernóva fényessége lassabban csökken, mint a „normális” Ia szupernóvaké, ami arra utal, hogy az SN 2000E az átlagosnál fényesebb volt. Mindkét esetben új távolságot adtunk meg a szupernóva szülőgalaxisára.

Kisbolygók, üstökösök

Folytattuk a korábban elkezdett megfigyeléseket. A piskéstetői mérések mellett 12 éjszakán végeztünk CCD-fotometriai méréseket a Calar Alto-i Obszervatóriumban. Az eredmények röviden: 126 kisbolygó 413 pozíciómérése, 34 kisbolygó Minor Planet Center által elismert felfedezése, 1 üstökös független újrafelfedezése (29P/Schwassmann – Wachmann 2), 6 üstökös 17 pozíciómérése, 10 kisbolygó fotometriája, rotációs periódusok meghatározása, 6 üstökös Johnson VR-fotometriája, az üstökösök méretének megbecslése.

A már publikált eredmények közé tartozik 30 új változócsillag felfedezése a kisbolygó-fotometriai CCD-kamerás idősorokban.

Nyílthalmazok

Az M37 galaktikus nyílthalmaz hat éjszakán végzett mérései alapján hét új változócsillagot fedeztünk fel, melyek közül öt nagy valószínűséggel tagja is a halmaznak. A fénygörbe alakja alapján közülük 5 fedési, 2 pedig pulzáló változócsillag.

A galaktikus nyílthalmazok CCD-fotometriai vizsgálatára indított korábbi programunk eredményeként befejeztük az NGC 7128 nyílthalmaz komp-

lex fotometriai és spektroszkópai méréseinek feldolgozását. Új, a korábbiaknál pontosabb vörösdés-, kor- és távolságbecslést végeztünk, amiből megállapítottuk, hogy fiatal, kb. 10 millió éves halmazról van szó. A halmazban 3 emissziós B-csillagot mutattunk ki, és 7 új változócsillagot fedeztünk fel, melyek fedési kettősök, vagy oszcilláló B-csillagok lehetnek.

1999-ben Szabó Gyula–Sárnecky Krisztián II., Fűrész Gábor III. díjat, Csák Balázs 4., Apai Dániel 5. helyezést ért el a debreceni XXIV. Országos Tudományos Diákköri Konferencia (OTDK) csillagászati alszekciójában. 2000-ben Csák Balázs, Fűrész Gábor, Heiner Zsuzsanna, Jurkovity Mónika, Szabó Gyula–Sárnecky Krisztián és Sziládi Katalin–Szabó Gyula dolgozata sikeresen részt vett a kari TDK konferencián. Eredményeinket több rangos nemzetközi konferencián mutattuk be (Budapest IAU kollokvium, Kecskemét, PhD Konferencia, Bécs, Alicante, Budapest PhD Konferencia).

Az 1999. és 2000. évben megjelent angol nyelvű publikációink száma 77. Nemzetközi referált folyóiratban 15, konferenciakiadványban 13, egyéb nemzetközi kiadványban 10, cirkulárokból (IAUC, MPEC) 39. Magyarul 41 cikket közöltünk, ebből 25-öt a *Meteor* havi folyóiratban. A cikkek listája, a kutatási és oktatási tevékenységünk számos részlete megtalálható a <http://www.jate.u-szeged.hu/obs> honlapon.

Oktatás, ismeretterjesztés

A 2000/2001. tanévben 12 I. éves, 8 II. éves és 8 IV. éves csillagász szakos hallgatónkat oktattuk. A csillagközi anyagról és a csillagfejlődésről szolt dr. Kun Mária (MTA CSKI) vendégoktató féléves előadása. A IV. éves fizikusoknak Asztrofizika, a IV.éves fizikatanár szakosoknak Csillagászat, az I. éves geográfus- és földrajztanár szakosoknak Csillagászati földrajz, a Juhász Gyula Tanárképző Főiskolai Kar IV. éves fizikatanár-jelöltjeinek Csillagászat kurzusokat tartottunk. Célunk, hogy olyan tanárokat és kutatókat képezzünk, akik ha nem is tudnak csillagásként elhelyezkedni, munkájuk során hasznosítsák asztronómiai tudásukat. Továbbra is igen népszerűek voltak az általános műveltségi tárgyként meghirdetett előadásaink, speciálkollégiumaink, melyeket gyakran 50–100 hallgató is felvett egy-egy félév során. A két év során 5 szakdolgozat és 6 TDK dolgozat született csillagászati témakörben.

Az 1999. augusztus 11-i teljes napfogyatkozás kapcsán sok népszerűsítő előadást, távcsöves bemutatót tartottunk. A fogyatkozást Szegedről csodáltuk, hiszen a totalitás sávja közepe táján voltunk. Számos külföldi szakembert, illetve turistát láttunk vendégül. Az általunk szervezett Nagymedve országos csillagászati diákversenynek nagy sikere volt (*Fizikai Szemle* 2000/1.).

Internetes honlapunk – megújult külsővel – egyre több magyar nyelvű csillagászati és űrkutatási anyagot tartalmaz, folyamatosan fejlesztjük. Ily módon szeretnénk bemutatni tevékenységünket, illetve segíteni a hazai oktatást és tudománypopularizációt.

A Szegedi Csillagvizsgálóban keddenként az MCSE helyi csoportja tartotta foglalkozásait, a pénteki nyitva tartásaink során évente kb. 5000 látogatónk volt.

Horváth András

A TIT Budapesti Planetárium működése 2000-ben

A TIT Budapesti Planetárium számára a 2000. év is pozitív volt. 75 millió Ft-os összbevételünknek 53%-át adta a belépődíj, 23% volt az 1999. évi tartalék, 9%-át a különféle cégek helyiséghasználata, 5%-át a CompuDrug Standard Kft.-vel és 4%-át a Lézerszínházzal folytatott együttműködésünk, valamint 4%-át az állami támogatás jelentette, melyet a TIT Szövetség közgyűlésének határozata alapján kaptunk. Az 1999-es jelentős tartalékot az tette lehetővé, hogy a hazánkban is látható teljes napfogyatkozást sikeresen használtuk fel ismeretterjesztési céljainkra, mint ahogy azt korábbi beszámolóinkban részleteztük. Tartalékunkat arra használtuk, hogy régóta elmaradt felújításokat végeztettünk el a kupolában (székek áthúzatása) és az igazgatási épületen (festés, mázolás, rácsok felszerelgetése).

Látogatottságunk az 1999-es napfogyatkozási csúcshoz képest az előző évek átlagára csökkent. A körfolyosót és a kupolatermet szerződéses alapon 2000-ben is igénybe vették különféle cégek saját rendezvényeikre. Ezen alkalmi szerződések, a TIT-támogatás és az együttműködések jóvoltából 2000-ben a mintegy 660 Ft-os önköltségű belépőjegyet 420–460 Ft-ért tudtuk adni.

Új műsorok, látogatottság, kiállítások

Tavasszal mutattuk be a Gesztesi Albert által készített újabb *Utazzunk a Marsra* című gyermekműsorunkat és a mindenki érdeklődésére számot tartó *Világvége?* című műsort. Az *Utazzunk a Marsra* műsorban az űrhajózáshoz szükséges alapelemekkel ismerkedhetnek meg a gyerekek: avval, hogy hogyan lehet elhagyni a Földet, hogyan működik a rakéta, mi a súlytalanság, majd közösen látogatást teszünk a Holdon és elindulunk a Mars felderítésére is. A Jupiter, a Szaturnusz, a Merkúr, a Vénusz és a Mars közel egy irányban való láthatósága, a nagy együttállás miatt 2000. május elejére világvégét jósoltak a pesszimista okkultisták. Ezt a kérdéskört járja körül a *Világvége?* című műsor, amely bemutatja a Földre leselkedő valódi kozmikus veszélyeket: a lehetséges kisbolygó-becsapódást, szupernóva-robbanást stb.

A TIT Budapesti Planetáriumában 2000-ben 1243 iskolai és nagyközönségi előadáson 98 056 fő vett részt, ez 21%-os általános teremkihasználtságot, azaz 79 fős átlag nézettséget jelentett műsoronként.

Könyvtárunk 1999-ben 8 idegen nyelvű és 10 magyar nyelvű könyvet, 10 külföldi és 11 magyar folyóirat számait szerezte be. Körfolyosónkon Bártfai Szabó Piroska, Deák B. Ferenc, Jozefka Antal, B. Láng Ernesztin, Somos Zsuzsa, illetve Fábri Tibor, T. Selman Ilona és Tóth László festményeiből kiállításokat mutattunk be június–augusztus, illetve szeptember–december között.

Műszaki fejlesztés, karbantartás, pályázatok

Fő beszerzésként 8 db Kodak Carussel AVS-2050-es típusú diavetítőt és egy M3-as gyártmányú MPS 860 típusú videövetítőt vásároltunk. Ezeket a berendezéseket az évi karbantartás idején (június–július) szereltük be, illetve állítottuk üzembe. Ezáltal a lézerszínházitól független, 16-elemes panoráma vetítőrendszert kezdtünk használni, ami remélhetőleg csökkenti a korábbi, közös használatból eredő hibákat.

2000-ben sikerült a kupolahelyiségben a mintegy 400 fotel műanyag bevonatát 70%-ban lecserélni, amelyre a negyedszázados használat után már nagy szükség volt.

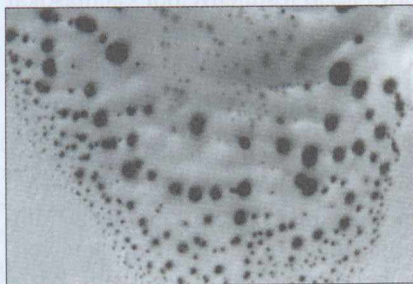
A Planetáriumnak 2000-ben egy eredményes pályázata volt, a Fővárosi Közgyűlés Oktatási Bizottságától kaptunk a korábbiakhoz képest harmadára csökkentett támogatást (300 000 Ft) az iskolások kedvezményes planetáriumlátogatási akciójának folytatására.

Egyéb ismeretterjesztési tevékenység, kutatás

Horváth András igazgató 2000-ben is részt vett a TIT Szövetségnek, a Magyar Űrkutatási Tanács, a Magyar Asztronautikai Társaság (MANT), a Magyar Természettudományi Társaság Csillagászati és Űrkutatási szakosztálya, valamint az MTA Csillagászati Kutatóintézete tevékenységében és az Aeromagazin folyóirat űrrepülési rovatának szerkesztésében. Gesztesi Albert igazgatóhelyettes az ELTE TFK-n, megbízott oktatóként, folytatta a csillagászati földrajz tanítását. Máti András csillagászati szakelőadó, a planetárium közönségkapcsolat felelőse, részt vett az MCSE munkájában. Horváth András, Gesztesi Albert és Máti András a médiában és külső előadásokon is végzett csillagászati és űrkutatási ismeretterjesztést.

Horváth András és Gesztesi Albert 2000-ben planetológiai kutatásokkal is foglalkozott. A Mars Global Surveyor (MGS) űrszonda 1.4–5.5 m-es felbontású, a Mars déli poláris vidékeiről készült felvételeiből több mint százötven

kép morfológiai analizisét végeztük el. Az 1999-es marsi déli tél végi és tavasz eleji MGS-képeken a kráterek belsejében lévő, sötét tónusú homokból álló dűnedombok hóval borított világos felszínén, érdekes szürke-fekete foltosodási (dark dune spot, DDS) jelenséget figyeltünk meg. Megállapítottuk, hogy a közel vízszintes terepen mindenütt kör alakúak a kezdeti foltok és felülírják a lokális környezet finom skálájú szerkezetét.



6.6. ábra. Esetleges biológiai aktivitásra utaló, közel kör alakú sötét dűnefoltok a Mars egyik 20 km átmérőjű déli kráterében, a marsi déli tavasz kezdetén (az M0307564 kép részlete)



6.7. ábra. Az MGS-kép a 120 km-es Lyell-kráter belsejéről készült 1999. augusztus 7-én, tavasz elején, balra lent láthatók a lefolyások (az M0307336 kép részlete)

Az izotrop módon szétterjedő foltok és a topográfia inkompatibilitása valószínűleg azt jelzi, hogy nemcsak a napsugárzás hatására meginduló szublimációról van szó. A dűnék dőlt oldalain a foltok megnyúltak és a meredekebb falakon lefolyásos jellegűekké váltak. Marsi fekete dűnefoltokból a meredekebb terepen hosszú, valószínűleg vízfolyásra utaló sötét sávok indulnak.

A Mars Global Surveyor űrszonda nagyfelbontású képei alapján felvetettük azt a gondolatot hogy a foltosodást a jelenlegi marsi biológiai aktivitás vezérli, azaz az ottani mikroorganizmusok olvasztják meg a jeget és hasznosítják a folyékony vizet élettevékenységükhöz. A marsi foltosodási folyamat biológiai értelmezéséről Gánti Tiborral, Bérczi Szaniszlóval és Szathmáry Eörsrel közösen készített anyagunkat elfogadták a 32. Hold- és bolygókutató konferenciára (XXXII. Lunar and Planetary Science Conference, 2001. márc. 11–16, Houston), amely megjelent a CD-n kiadott konferenciaanyagban.

2000-ben megjelent publikáció: E. ILLÉS-ALMÁR, A. GESZTESI, A. HORVÁTH, I. FEJES: The Gray Bands on Europa, *Advances in Space Research*, 2000, Vol. 26, 1677–1680. o.

Szerzőink

- ALMÁR IVÁN, a fizikai tudomány doktora, tudományos tanácsadó, MTA Csillagászati Kutatóintézete.
- APAI DÁNIEL, posztgraduális ösztöndíjas, Friedrich Schiller Egyetem, Jéna, Németország.
- BALÁZS LAJOS, a fizikai tudomány kandidátusa, igazgató, MTA Csillagászati Kutatóintézete.
- BARCZA SZABOLCS, a fizikai tudomány kandidátusa, tudományos főmunkatárs, MTA Csillagászati Kutatóintézete.
- DÁVID GYULA, szakoktató, ELTE Atomfizika Tanszék.
- ÉRDI BÁLINT, az MTA doktora, tanszékvezető egyetemi tanár, ELTE Csillagászati Tanszék.
- FÜRÉSZ GÁBOR, egyetemi hallgató, demonstrátor, SZTE Kísérleti Fizikai Tanszék.
- HORVÁTH ANDRÁS, a fizikai tudomány kandidátusa, igazgató, TIT Budapesti Planetárium.
- ILLÉS ERZSÉBET, a fizikai tudomány kandidátusa, tudományos főmunkatárs, MTA Csillagászati Kutatóintézete.
- KISS LÁSZLÓ, PhD, egyetemi tanársegéd, SZTE Kísérleti Fizikai Tanszék.
- MÉSZÁROS ATTILA, DSc, egyetemi docens, Károly Egyetem, Prága.
- MÉSZÁROS SZABOLCS, egyetemi hallgató, demonstrátor, SZTE Kísérleti Fizikai Tanszék.
- MIZSER ATTILA, a Magyar Csillagászati Egyesület főtitkára.
- PATKÓS LÁSZLÓ, a fizikai tudomány kandidátusa, tudományos főmunkatárs, MTA Csillagászati Kutatóintézete.
- PETROVAY KRISTÓF, a fizikai tudomány kandidátusa, egyetemi docens, ELTE Csillagászati Tanszék.
- SÁRNECZKY KRISZTIÁN, egyetemi hallgató, ELTE.
- SZATMÁRY KÁROLY, a fizikai tudomány kandidátusa, egyetemi docens, SZTE Kísérleti Fizikai Tanszék.
- VINKÓ JÓZSEF, a fizikai tudomány kandidátusa, egyetemi docens, SZTE Optikai és Kvantumelektronikai Tanszék.

A Magyar Csillagászati Egyesület tájékoztatója

Egyesületünk várja tagjai sorába mindazokat, akiket a csillagászat bármely területe érdekel! Kiadványokkal, rendezvényekkel, tanácsokkal segítjük tagjainkat és az érdeklődőket, hogy csillagászati ismereteket sajátíthassanak el, megfigyeléseket végezhessenek, távcsöveket építhessenek és kapcsolatot teremthessenek a hasonló érdeklődésűekkel.

Meteor – a Magyar Csillagászati Egyesület lapja

A *Meteor* havonta tájékoztat a csillagászat legújabb eredményeiről, az égbolton megfigyelhető jelenségekről, az egyesület programjairól. Tanácsokat ad csillagászati megfigyelések végzéséhez, csillagászati fotózáshoz, távcsőépítéshez, számítógépes programok készítéséhez. Kérjen ingyenes mutatóványszámot!

Csillagászati évkönyv

Egyesületünk adja ki a *Meteor csillagászati évkönyvet*, melynek köteteit az amatőr és szakcsillagászok mellett haszonnal forgathatják a kezdő érdeklődők, az ismeretterjesztők, a szakkör- és klubvezetők, valamint a pedagógusok is. Az évkönyvek táblázatos része az aktuális év csillagászati jelenségeiről, az égitestek láthatóságáról közöl előrejelzéseket és magyarázatokat. Cikkei megkönnyítik az olvasók eligazodását korunk szinte követhetetlen információáradatában, a beszámolók pedig a hazai csillagászati intézmények munkájáról adnak tömör áttekintést.

Csillagászati táborok, észlelőhétvégék

Nyári táborainkat zavaró fényektől távoli megfigyelőhelyeken tartjuk. Táboraink kitűnő lehetőséget biztosítanak a csillagászat elméleti és gyakorlati alapjainak elsajátítására. Ifjúsági táborainkat a csillagászat iránt érdeklődő középiskolás korosztály számára szervezzük. Évente megtartott észlelő-távcsőépítő találkozónk az ország amatőr-csillagászai számára kiváló lehetőséget nyújt megfigyelések végzésére, tapasztalatszerzésre. Újholdas hétvégeken tartjuk megfigyelő-hétvégeinket Ágasváron (Mátra), melyeken – időpont egyeztetés után – iskolai csoportok, szakkörök is részt vehetnek.

Ügyelet, távcsőépítési szaktanácsadás

Budapesten keddenként 18 órától tartunk ügyeletet az óbudai Polaris Csillagvizsgálóban. Előadás-sorozatainkat is az ügyeleti napokra szervezzük. Részletes információt a Meteor folyóiratban találhat, vagy az egyesület telefonszámán kérhet.

A Magyar Csillagászati Egyesület az Interneten

Amennyiben van módja használni az Internetet, tekintse meg egyesületünk honlapját:

<http://www.mcse.hu>

Csillagászati előadások, távcsöves bemutatások

Egyesületünk kihelyezett távcsöves bemutatásokat és ismeretterjesztő előadásokat vállal iskolák és művelődési intézmények számára.

Magyar Csillagászati Egyesület, 1461 Budapest, Pf. 219.

Tel.: (1) 279-0429, E-mail: mcse@mcse.hu

Helyi csoportjaink és szakcsoportjaink

Egyesületünk szakcsoportjai az amatőr észlelőmunka vagy az ismeretterjesztés valamely részterülete iránt komolyabban érdeklődők tevékenységét fogják össze. Helyi csoportjaink pedig az egyesületi élet lakóhelyi szintű szerveződését teszik lehetővé. Az egyes csoportok vezetőivel a következő címlista alapján vehetik fel a kapcsolatot az érdeklődők.

Helyi csoportjaink

Balatonfűzfő	Kocsis Antal, 8174 Balatonkenese, Kossuth L. u. 2/a.
Bácskai Csoport	Egri József, 6500 Baja, Tóth Kálmán u. 19.
Bóly	Kász László, 7754 Bóly, Széchenyi tér 11.
Budapest	Hollósy Tibor, 1107 Budapest, Bihari út 3/a.
Dunaújváros	Szakos Szelimen, 2400 Dunaújváros, Zalka Máté u. 1.
Esztergom	Nyerges Gyula, 2500 Esztergom, Aulich u. 1.
Hajdúböszörmény	ifj. Balogh Zoltán, 4220 Hajdúböszörmény, Újvárosi u. 13.
Kiskun Csoport	Rezsabek Nándor, 6326 Harta, József Attila u. 22.
Kunszentmárton	Kovács Károly, 5440 Kunszentmárton, Jászapáti u. 37.
Miskolc	Braskó Sándor, 3521 Miskolc, Retek. u. 20.
Paks	Dalos Endre, 7030 Paks, Építők útja 22.
Pécs	Keszthelyi Sándor, 7625 Pécs, Aradi vértanúk u. 8.
Sopron	Bacsárdi László, 9400 Sopron, Móricz Zs. u. 4.
Szeged	Kiss László, 6701 Szeged, Pf. 596.
Szolnok	Prohászka Szaniszló, 5000 Szolnok, Karcagi L. út 11.
Zalaegerszeg	Simonkay Ferenc, 8900 Zalaegerszeg, Rákóczi u. 19.

Szakcsoportjaink

Oktatás	Csaba György Gábor, 1461 Budapest, Pf. 219.
Csillagászat-történet	Bartha Lajos, 1023 Budapest, Frankel Leó út 36.
Számítástechnika	Heitler Gábor, 1439 Budapest, Pf. 644.
Hold	Kocsis Antal, 8174 Balatonkenese, Kossuth u. 2/a.
Bolygók	Vincze Iván, 7632 Pécs, Aidinger J. u. 15.
Üstökösök	Sárnecky Krisztián, 1193 Budapest, Vécsey u. 10.
Meteorok	Gyarmati László, 7257 Mosdós, Ifjúság u. 14.
Változócsillagok	Kiss László, 6701 Szeged, Pf. 596.
Messier-objektumok	Szabó Gyula, 6728 Szeged, Szélső sor 3.
Mély-ég objektumok	Berkó Ernő, 3188 Ludányhalászi, Bercsényi u. 3.
Kettőscsillagok	Ladányi Tamás, 8175 Balatonfűzfő, Balaton krt. 71.
Csillagfedések	Szabó Sándor, 9400 Sopron, Baross u. 12.
Internet	Tepliczky István, 1461 Budapest, Pf. 219.
CCD technika	Fűrész Gábor, 8000 Székesfehérvár, Pozsonyi út 87.

Csillagászati kiadványaink

A felsorolt kiadványokat az MCSE postacímén (1461 Budapest, Pf. 219.) rendelheti meg rózsaszín postautalványon. Az utalvány hátoldalán, a közlemény rovatban sorolja fel a megrendelt kiadványokat. Áraink a postaköltséget is tartalmazzák. A zárójelben lévő összegek az MCSE tagjaira vonatkozó, kedvezményes árak.

Meteor csillagászati évkönyv 1994	300 Ft	(250 Ft)
Meteor csillagászati évkönyv 1995	400 Ft	(300 Ft)
Meteor csillagászati évkönyv 1996	500 Ft	(400 Ft)
Meteor csillagászati évkönyv 1997	600 Ft	(500 Ft)
Meteor csillagászati évkönyv 1998	700 Ft	(600 Ft)
Meteor csillagászati évkönyv 1999	900 Ft	(800 Ft)
Meteor csillagászati évkönyv 2000	1100 Ft	(1000 Ft)
Meteor csillagászati évkönyv 2001	1400 Ft	(1200 Ft)
Meteor csillagászati évkönyv 2002	1700 Ft	

tagjaink illetményként kapják!

A Meteor 1999-es évfolyama	2800 Ft	(2600 Ft)
A Meteor 2000-es évfolyama	3200 Ft	(3000 Ft)
A Meteor 2001-es évfolyama	3600 Ft	(3400 Ft)
A Meteor 2002-es évfolyama	4256 Ft	

(tagjaink illetményként kapják!)

Bartha L.: Fényi Gyula emlékezete	200 Ft	(150 Ft)
Bartha L.: Hordozható napórák (katalógus)	250 Ft	(200 Ft)
Bartha L.: Konkoly Thege Miklós emlékezete	150 Ft	(100 Ft)
Bartha L.: Kulin György munkássága	250 Ft	(200 Ft)
Bebesi Zs.-Csák B.-Kiss L.: Változócsillagok fénygörbéi 1993–1997	250 Ft	(200 Ft)
Cooper–Walker: Csillagok távcsővégen	850 Ft	(750 Ft)
Csaba Gy. G.: A csillagász Hell Miksa írásai	300 Ft	(250 Ft)
Csaba Gy. G.: Szentiványi Márton csillagászati nézetei...	300 Ft	(250 Ft)
Keszthelyi S.: Magyarország napórái (katalógus)	500 Ft	(400 Ft)
Keszthelyi S.–Sragner M.: Napfogyatkozás és honfoglalás	300 Ft	(250 Ft)
Kiss L.: Változócsillag fénygörbéik 1988–1992	250 Ft	(200 Ft)
Meteorészlelő térképsorozat	200 Ft	(180 Ft)
Mizser A. szek.: Amatőr-csillagászok kézikönyve (új kiadás)	2300 Ft	(2000 Ft)
Mizser A.–Kiss L.–Fidrich R.: Változócsillag katalógus (II. kiadás)	250 Ft	(200 Ft)
Pleione Csillagatlasz (hmg= 7,0)	300 Ft	(250 Ft)
Ponori Th. A.: Csillagok a Bibliában	850 Ft	(750 Ft)
Ponori Th. A.: Divina Astronomia	900 Ft	(800 Ft)
Teljes napfogyatkozás diasorozat (35 db-os)	4500 Ft	(3500 Ft)
Változócsillag Atlasz (füzetenkénti ára)	200 Ft	(150 Ft)

Részletes árjegyzékünket megtekintheti a Polaris Csillagvizsgáló honlapján:
polaris.mcse.hu/polaris-bolt/

Magyar Csillagászati Egyesület, 1461 Budapest, Pf. 219.
 Tel.: (1) 279-0429, E-mail: mcse@mcse.hu

**meteor
csillagászati
évkönyv 1996**



**meteor
csillagászati
évkönyv 1997**



Az év
csillagászati
eseménye:
a Hale-Bopp-üstökös

**meteor
csillagászati
évkönyv 1998**



Szulejó
bolygórendszerek
az Orion-kodban

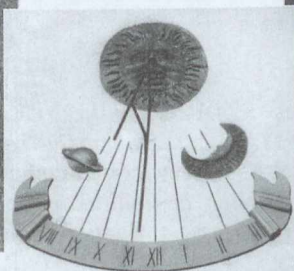


PONORI THEWREWK AURÉL
DIVINA ASTRONOMIA
CSILLAGÁSZAT DANTE MŰVEIBEN

**meteor
csillagászati
évkönyv 1999**



Az év eseménye:
teljes napfogyatkozás
augusztus 11-én

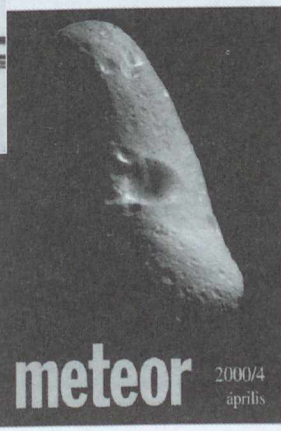


KESZTHELYI SÁNDOR
MAGYARORSZÁG NAPÓRÁI

**meteor
csillagászati
évkönyv 2000**



meteor 2000/4
április



Belépési nyilatkozat

Kérem felvételemet a Magyar Csillagászati Egyesületbe 2002-re!

Név:

Cím:

Születési dátum: év hó nap

Telefonszám: E-mail:

Aláírás:

A tagdíj összege 4000 Ft, illetmény: a Meteor csillagászati évkönyv 2002 és a Meteor című havi folyóirat 2002-es évfolyama)

A tagdíjat az MCSE címére (1461 Budapest, Pf. 219.)
rózsaszín postautalványon kérjük feladni!

É2002

Ha be szeretne lépni a Magyar Csillagászati Egyesületbe, fénymásolja le
a Belépési nyilatkozatot, és kitöltve küldje el az egyesület címére!

Tisztelt Olvasónk!

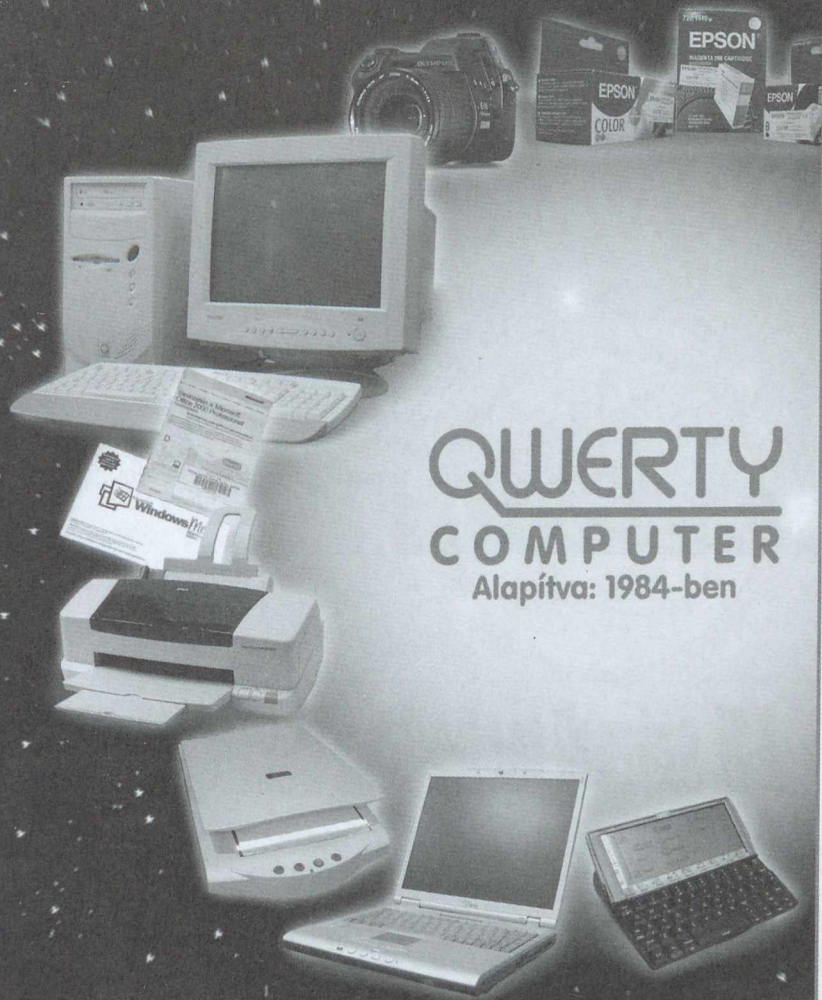
2001-ben az 1%-os SZJA-törvénynek köszönhetően a Magyar Csillagászati Egyesület tagjai és a csillagászat barátai 2 483 971 Ft-tal támogatták munkánkat. Az összeg egy részét a 2002-es csillagászati évkönyv bővítésére, színesítésére használtuk fel.

Kérjük, 2002-ben is támogassa a Magyar Csillagászati Egyesületet az SZJA 1%-ával – egy még szebb, tartalmasabb csillagászati évkönyvért!

Adószámunk: 19009162-2-43

**Csillagvizsgálók, kisplanetáriumok
építészeti tervezése**

Szász-Ház Bt., tel.: (20) 424-2381



QWERTY COMPUTER

Alapítva: 1984-ben

Minden, ami számítástechnika
Az Interneten is - www.qwerty.hu

Qwerty Computer Szaküzlet
1111 Budapest, Bartók B. út 14.
Tel.: 466-9377 Fax: 385-2687

Epson-Olympus Szaküzlet
1114 Budapest, Bartók B. út 9.
Tel.: 466-5419

Mammut Szaküzlet
Mammut Üzletház földszint
Tel.: 345-8255

Centrum-Kispest Szaküzlet
Centrum Kispest Áruház
Tel.: 348-2077

Skála-Buda Szaküzlet
Skála Budapest Áruház
Tel.: 372-5841

Gemini csillagászati távcsövek

Newton és Makszutow-optikák, optikai tubusok igényes műkedvelőknek

Mechanikák közepes és nagy távcsövekhez

Orosz apokromát lencsék és tubusok

HISIS CCD-kamerák profiknak is

Magas szintű szaktanácsadás

APM magyarországi képviselő

Mylar fólia a Nap megfigyeléséhez

Közepes és felső kategóriás okulárok, szűrők kedvező áron

Gemini D. B. Bt., 2091 Etyek, Alsóhegy u. 7.

Dán András az optika-finommechanika igazságügyi szakértője

Tel.: 06-20-944-4911, E-mail: gemini@arcinfo.hu

XXI. századi technika a csillagászatban!



Astro-Physics, Inc.



Apogee
Instruments Inc



Lencsés és tükrös távcsövek, manuális és automata mechanikák, GPS vevővel is! CCD kamerák és kiegészítők, szűrők, adaptív optikai modulok, spektroszkópok, IR és UV technika! Hazai professzionális optikai-, elektronikai és mechanikai termékek!



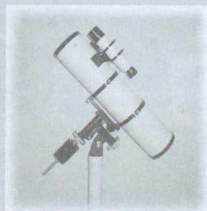
AstroTech Műszer- és számítástechnika KKT

BAJA, PF 116. fax: (79)427-001, tel: (20)9370-042, www.astrotech.hu, info@astrotech.hu



ÉG-BOLT TÁVCSŐSZAKÜZLET

Bemutatóterem: Déma, Bp. IX. Ráday u. 45.

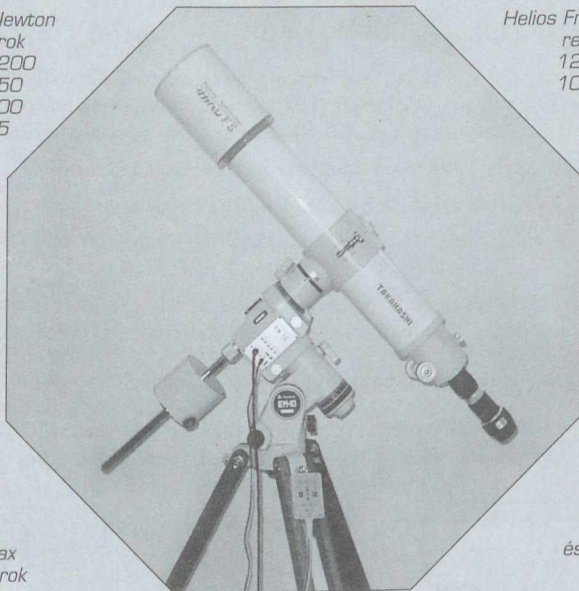


Mizar Newton
reflektorok
150/1200
150/750
110/800
80/525

Részletes információk
és árjegyzék az Ég-bolt
honlapján:
egbolt.csillagaszat.hu



Helios Fraunhofer
refraktorok
120/1000
102/1000
90/910



Fujinon
és Pentax
binokulárok

Pentax
és TeleVue
okulárok



Pentax és
Takahashi
apokromatikus
refraktorok



Katalógus és árjegyzék kérhető.

A bemutatóterem előzetes bejelentkezés után látogatható. Telefon: (20) 434 8722

Polaris Csillagvizsgáló



Újra látogatható Óbuda bemutató csillagvizsgálója!

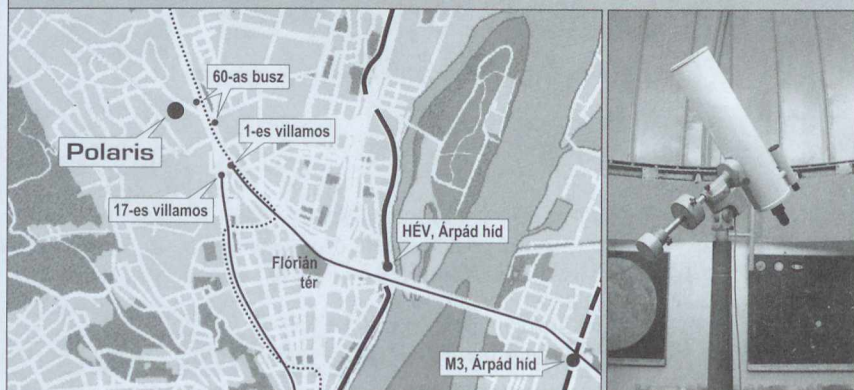
- * *Távcsöves bemutatás* kedden, csütörtökön és szombaton, sötétedéstől 22.30-ig.
A részvétel felnőttek számára 250 Ft, diákoknak és nyugdíjasoknak 200 Ft.
Iskolai csoportokat előzetes egyeztetés alapján más időpontban is fogadunk.
- * *Csillagászati előadás-sorozatok* ősszel és tavasszal, kedd esténként.
- * *Csillagászati szakkör* a középiskolás korosztály számára.
- * *Kiadványok és eszközök vásárolhatók* a Polaris-boltban
a távcsöves bemutatások ideje alatt.
- * *A Magyar Csillagászati Egyesület ügyelete* minden kedden 18 órától.
Várjuk a csillagászati megfigyelések és a távcsőépítés iránt érdeklődőket!

Magyar Csillagászati Egyesület – ÖMK Barátság Szabadidő Park

A Polaris Csillagvizsgáló címe: 1037 Budapest, Laborc u. 2/c.

Telefon: 279 0429, (30) 851 5364; e-mail: polaris@mcse.hu;

honlap, részletes programmal: polaris.mcse.hu



Színes képek

Kulin György emléke

1. Az újpesti Könyves Kálmán Gimnázium csillagvizsgálója az 1950-es években jött létre, Kulin György kezdeményezésére. A létesítmény 2001. szeptember 2-án felvette a Kulin György Bemutató Csillagvizsgáló nevet. Képünkön a csillagvizsgáló kupolája látható.
2. A Kulin György Bemutató Csillagvizsgáló új főműszere, a 150/1600-as refraktor.
3. Kulin György emléktáblája a Könyves Kálmán Gimnázium előcsarnokában.
4. Kulin-szobor Nagyszalontán; alkotója Domonkos Béla.
5. A nagyszalontai Kulin-szobor avatóünnepsége 2001. június 9-én. Képünkön Dévay Nagy Kamilla együttese. (Az 1–5. képek Tepliczky István felvételei.)

A Röntgen- és gammacsillagászat című cikkhez

6. A Chandra röntgencsillagászati műhold.
7. 2704 gammakitörés eloszlása galaktikus koordinátarendszerben (CGRO BATSE).
8. Egy üstökös az XMM–Newton röntgentávcsővel 2001 tavaszán készített képen. A nyíl a Nap irányát mutatja.
9. Az M82 galaxis központi vidéke a Chandra felvételén.
10. Az XMM–Newton röntgencsillagászati műhold.
11. A CANGAROO Cserenkov-teleszkóp.

A CCD-kamerák a csillagászatban című cikkhez

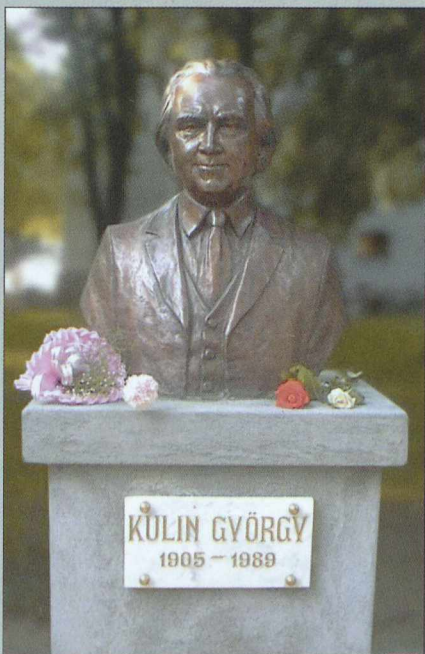
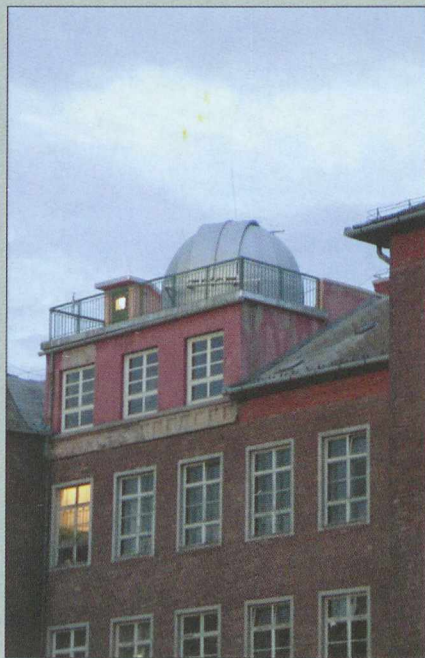
12. Egy egyszerű CCD-chip közelről.
13. Különböző CCD-chipek.
14. Az egyes chipek és szűrők elhelyezkedése a Sloan Digitális Égboltfelmérés (SDSS) 30 CCD-ből álló mozaikkamerájában.
15. Színes kép összeállítása három, színszűrővel készített CCD-felvételből.
16. Az SDSS programjához használt 2.5 m-es távcső, bővebb információk az Az Univerzum digitális térképe című hírben található (Fermilab Visual Media Services).
17. Az NGC 6070 galaxis környezetének színes képe az SDSS felvételeiből összeállítva (SDSS Collaboration).

A Cassini-űrszonda a Jupiternél

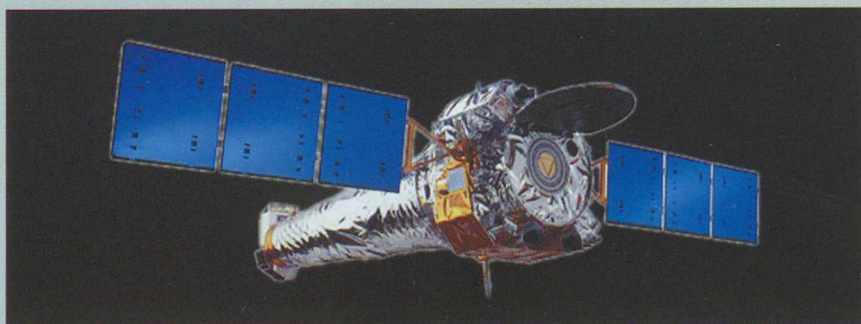
18. Fantáziakép a Cassini-űrszondáról. A Szaturnusz felé tartó Cassini-szonda 2000. december 30-án haladt el a Jupiter mellett. A hintamanőver során számos látványos felvételt készített Naprendszerünk legnagyobb bolygójáról. A Cassini a tervek szerint 2004. július 1-jén áll Szaturnusz körüli pályára. (NASA–JPL)
19. A Jupiterhez közeledő Cassini felvétele az óriásbolygóról 2000. december 7-én. A bolygó bal oldalán az Io hold árnyékát láthatjuk. (NASA–JPL)
20. A Jupiter és a Ganymedes a Cassini felvételén, 23.5 millió km távolságból, 2001. december 3-án. (NASA–JPL)
21. Az Io a Jupiter előtt. A Cassini-felvétel 2001. január 1-jén készült, két nappal a legnagyobb közelítés után. (NASA–JPL)
22. A Jupiter felhőzetének hengervetületi képe a Cassini szonda 2001. október 31-én készült felvételeiből összeállítva. (NASA–JPL)

További érdekes képek

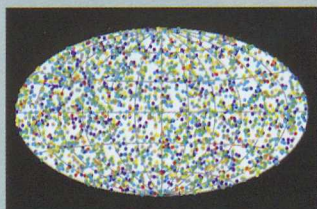
23. Az Orion-köd közeli infravörösben felvett képe. A mozaikfelvétel a 8.2 m-es VLT ANTU teleszkóppal készült, összesen 81 kép felhasználásával. (ESO)
24. Az M20 (Trifid-köd), az egyik legszebb emissziós és reflexiós köd. A felvétel a Kitt Peak-i 91 cm-es teleszkóppal készült. (Todd Boroson/NOAO/AURA/NSF)
25. A Merope-köd a Fiastyúkban (M45), a Hubble-űrtávcső felvételén.
26. Az AFGL 2591 jelzésű fiatal, nagy tömegű csillag és az azt körülvevő gáz- és porköd. Az infravörös felvétel a 8.1 m tükörátmérőjű Északi Gemini teleszkóppal készült.
27. Földünk fényszennyezettsége. A montázst Craig Mayhew és Robert Simmon készítette, a Defense Meteorological Satellite Program felvételeinek felhasználásával.



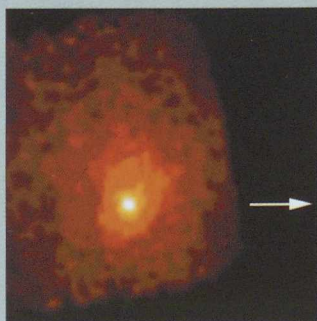
6



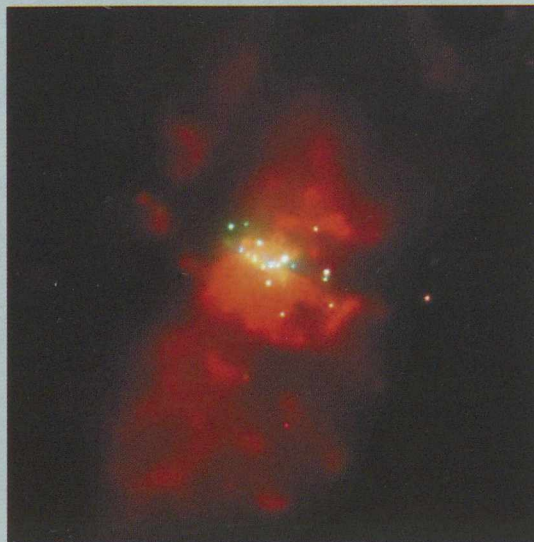
7



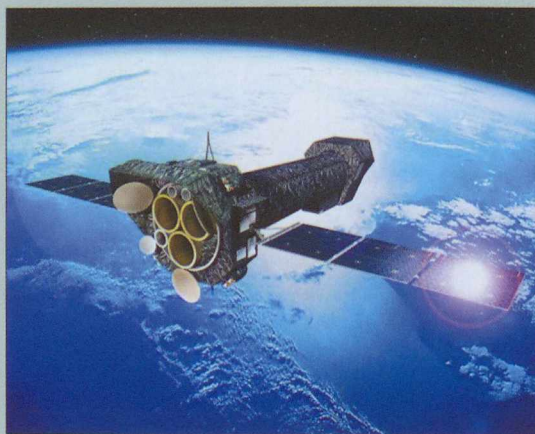
8



9



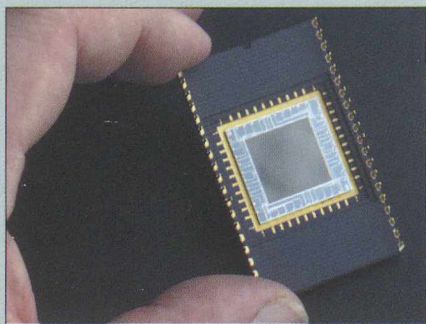
10



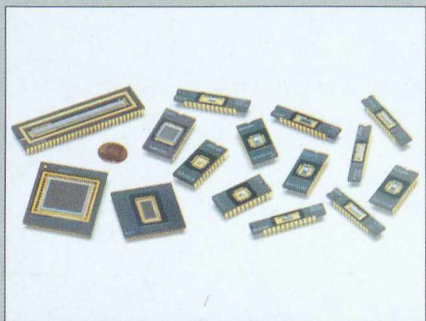
11



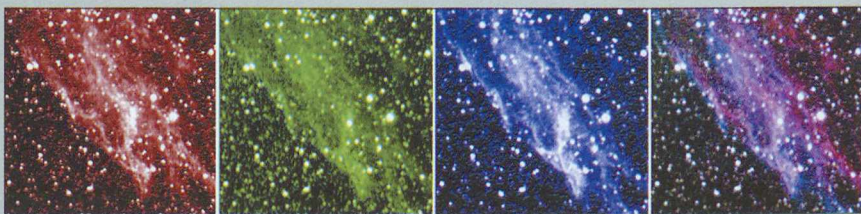
12



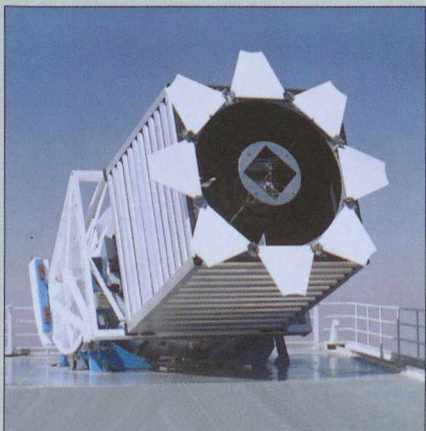
13



15



16

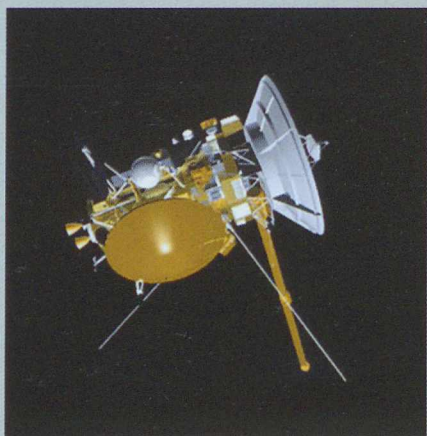


14

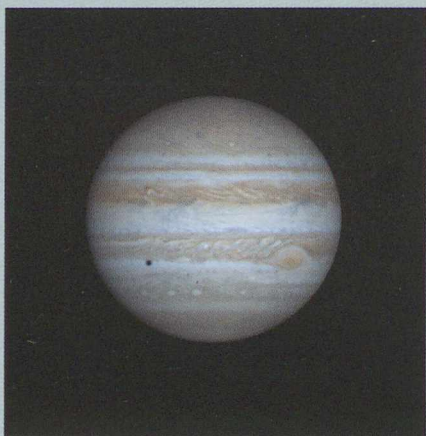


17

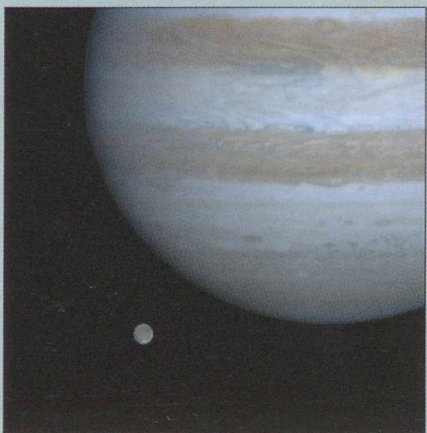




18



19



20



21



22

23



24



25



26

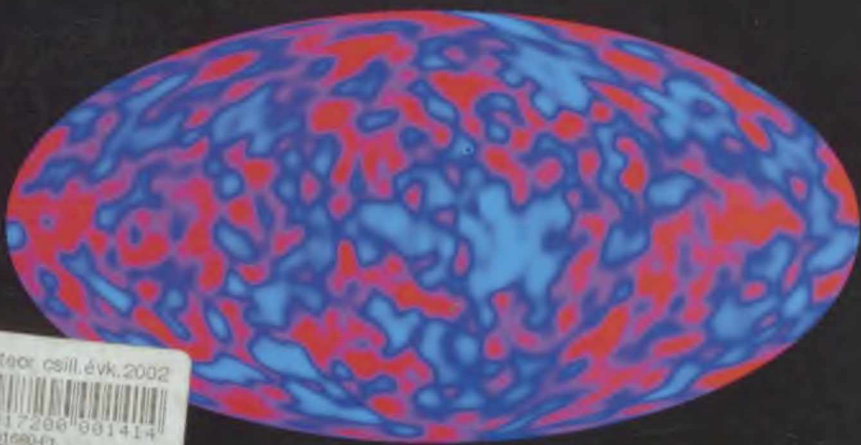
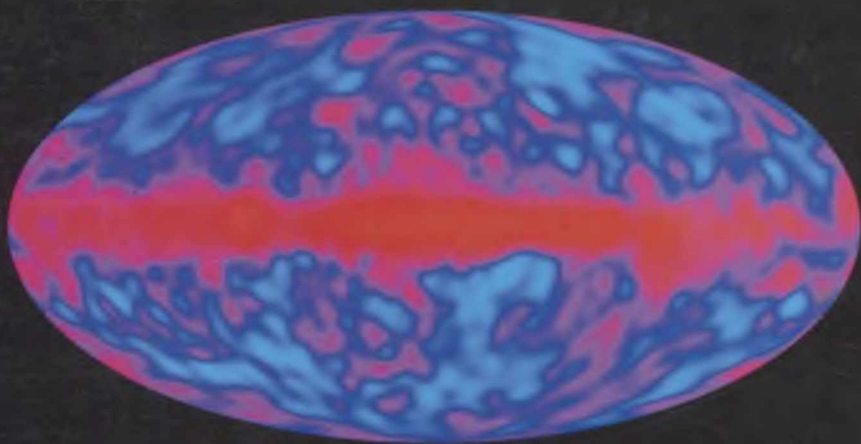
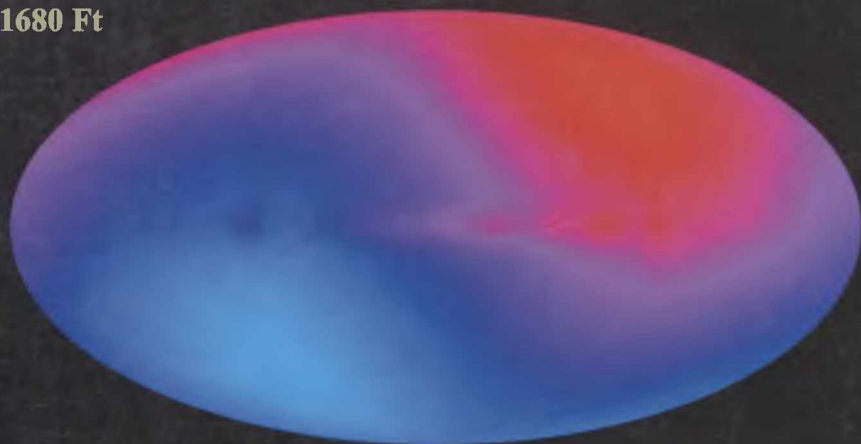


27



28

1680 Ft



meteor. csill. évk. 2002



2 817206 881414

Ára: 1680 Ft.