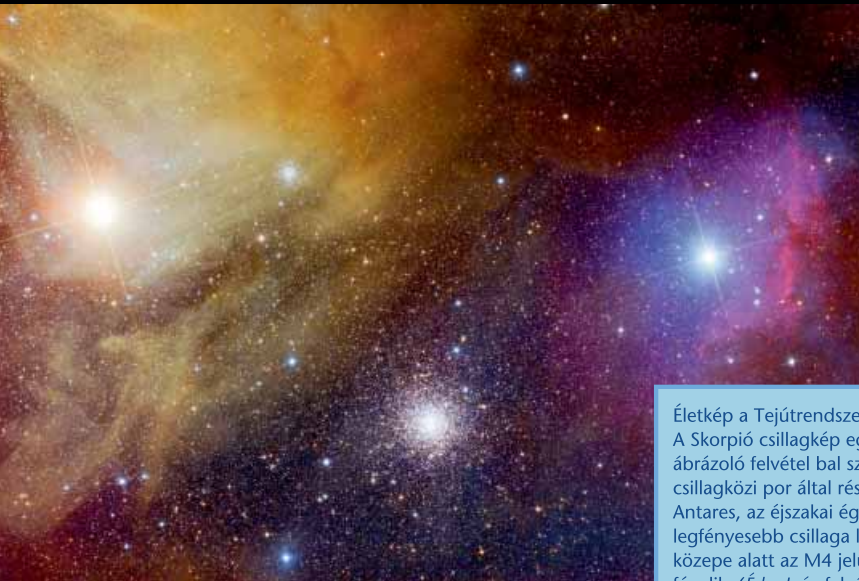


VAN ÚJ A FÖLD FELETT

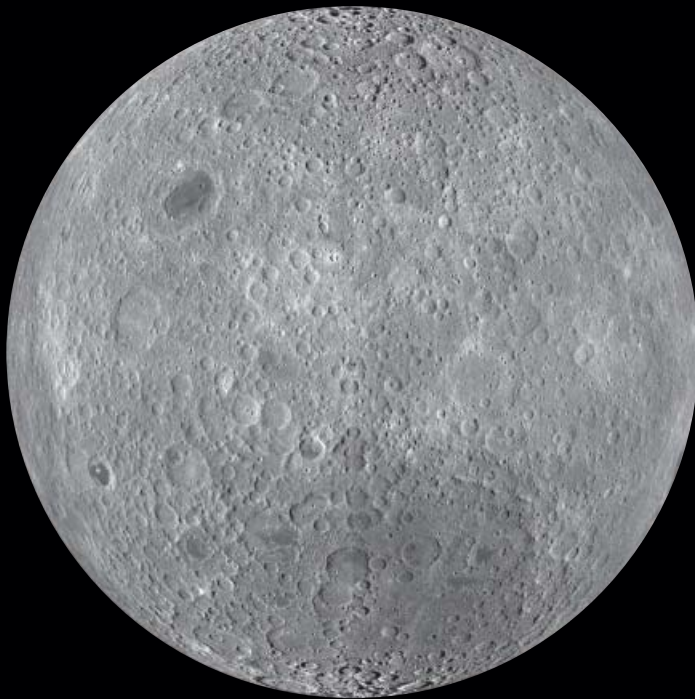
összeállította: Szabados László

A 20. század utolsó harmada látványos felfedezéseket és eredményeket hozott a csillagászatban. Váratlan esemény volt a kvazárok felfedezése (1963), az első gammakitörések észlelése (1967), a pulzárjelek első detektálása (1968), de nem kevésbé fontos a korábban elméleti úton már előre jelzett égítestfajták és jelenségek első képviselőinek kimutatása: fekete lyuk (1972), gravitációs lencse (1979), exobolygó (1995) (nem Nap típusú csillaghoz tartozó: 1992), barna törpe (1995). Ezek mind a közelmúltban történtek, mégis már a csillagásztörténet részei.

Mostanra a 21. századnak éppen a nyolcada telt el. A csillagászat fejlődése és eredményessége a legutóbbi időben is töretlen maradt. Összeállításunkban a kozmikus térség kutatásában 2000 óta elért fontos eredményeiből válogatunk.

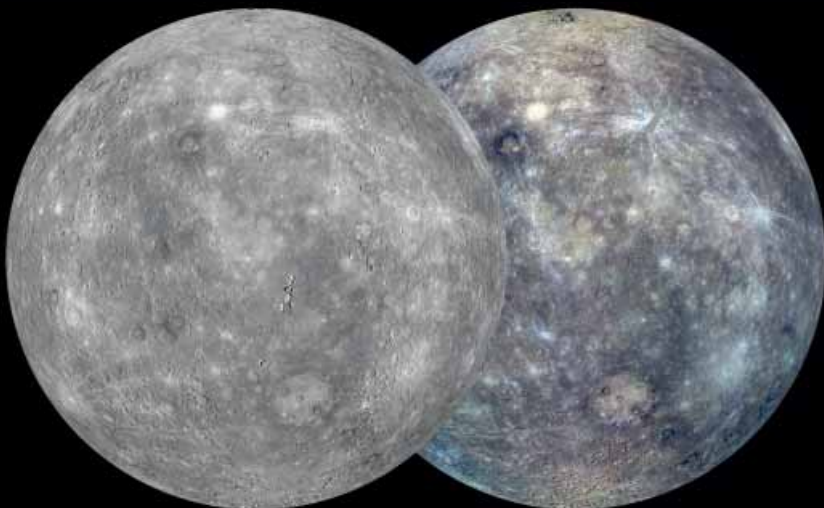


Életkép a Tejútrendszerből. A Skorpió csillagkép egy részletét ábrázoló felvétel bal szélén a csillagközi por által részben eltakart Antares, az éjszakai ég 15. legfényesebb csillaga látszik. A kép közepe alatt az M4 jelű gömbhalmaz fénylik. (Éder Iván felvétele, Namíbia, 2010. május 10., 200/710 Newton-távcső + Canon EOS 5D Mark II, 2 óra expozíció)



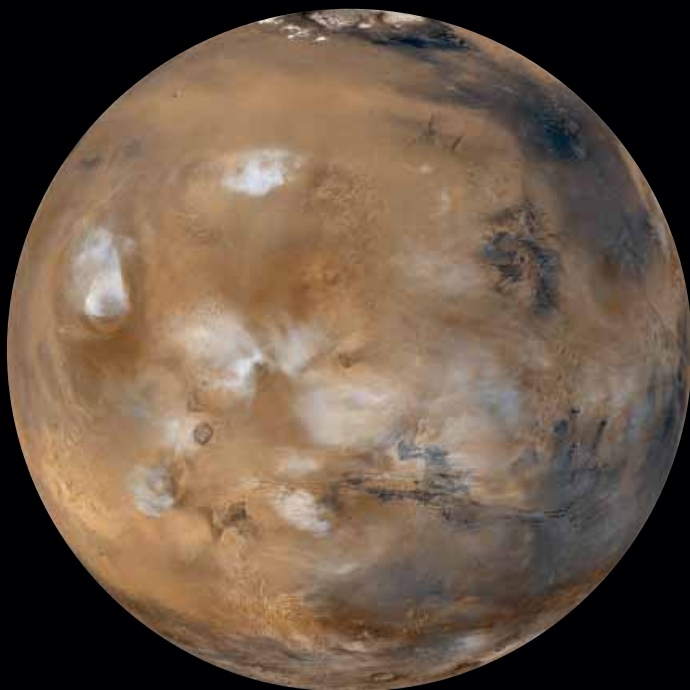
A Hold tőlünk nem látható félgömbjét a NASA Lunar Reconnaissance Orbiter (LRO) szondája térképezte fel legrészletesebben. Az ortografikus vetületű fototérképet 15000 felvételtől állították össze. (Forrás: NASA/ GSFC/Arizona State Univ.)

A Merkúr körül keringő MESSENGER 2013-ban befejezte a Naprendszer legbelső bolygójának feltérképezését. A térképet 88746 egyedi felvételtől állították össze. (Forrás: NASA/Johns Hopkins Univ. APL/Carnegie Inst. Washington)





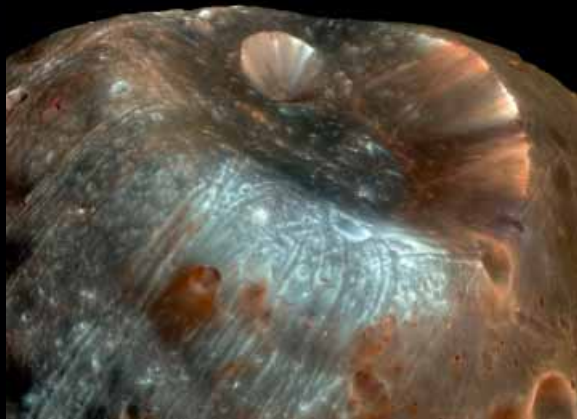
Marsi tájkép 2005-ből. A Spirit marsjáró felvételén a Gusev-kráterbeli Columbia-domb látszik. (Forrás: NASA/JPL)



A Mars bolygó alacsonyabb szélességein (a képen a Tharsis-hátság vulkánjai fölött) vízjégből álló kékesfehér felhők jelennek meg a Mars Global Surveyor felvételén. (Forrás: NASA/JPL/MSSS)

jobbra: A Mars Phobos nevű apró holdjának 9 km átmérőjű Stickney-kráterében egy kisebb, 2 km-es kráter is keletkezett egy későbbi becsapódáskor. (Forrás: NASA/MRO)

alul: A Jupiter felszínének sávos szerkezete és az óriásbolygó erős mágneses mezejére utaló sarki fény egyaránt látszik a Hubble-űrtávcső által készített felvételen. (Forrás: NASA/ESA/STScI/AURA/Hubble Heritage Team)

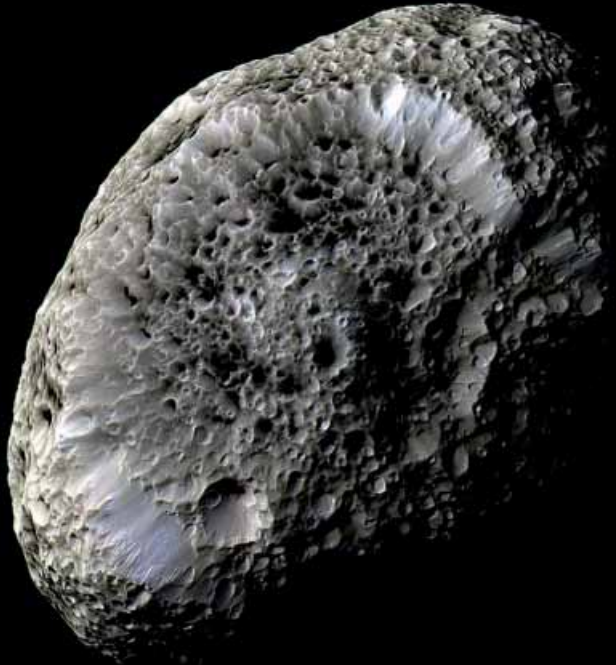





felül: Teljes napfogyatkozás a Szaturnusznál a Cassini űrszondáról nézve.

A lenyűgöző gyűrűrendszer fényes és halvány gyűrűk ezreiből áll. (Forrás: NASA/JPL/Space Science Institute)

alul: A Szaturnusz kis holdja, a 250 km-es Hyperion felszínén rengeteg apró kráter látszik. A holdacska átlagsűrűsége ($0,54 \text{ g/cm}^3$) arra utal, hogy a belseje üreges. (Forrás: NASA/ESA/JPL/SSI/Cassini Imaging Team)





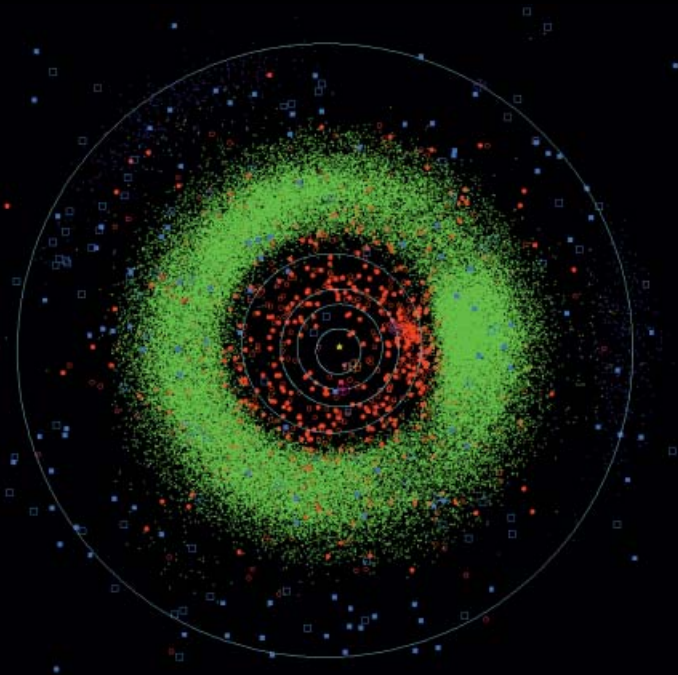
Ilyennek látta a Hartley-2 üstököst 700 km-ről a NASA EPOXI szondáján levő kamera 2010 novemberében. A 2 km hosszú, a „nyakánál” 400 m vastag, fagyott üstökös mag Nap felőli, melegített oldalán gázok szublimálnak. (Forrás: NASA/JPL-Caltech/UMD)

Az egyik legnagyobb kisbolygó, a Vesta a Dawn űrszonda felvételén. A Vestát ért becsapódások során a kisbolygóról kirepült anyag egy része meteoritként a Földre került. (Forrás: NASA/JPL-Caltech/UCAL/MPS/DLR/IDA)

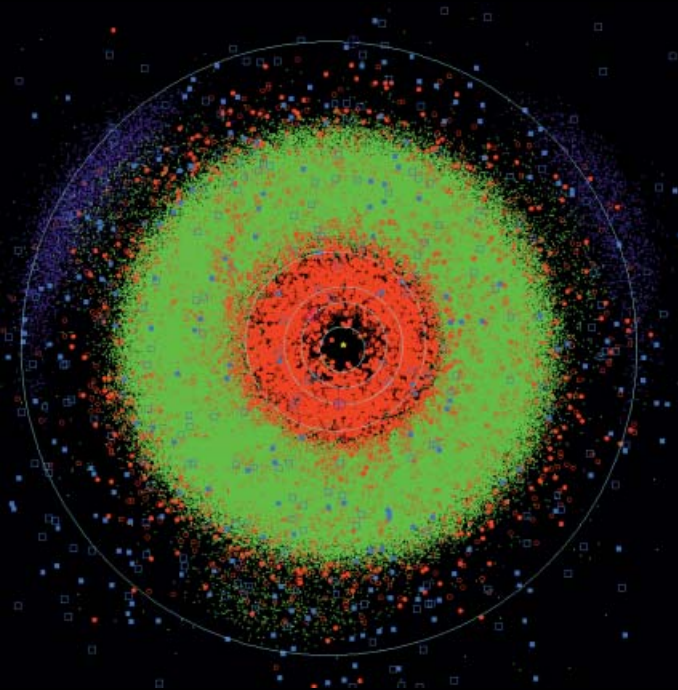


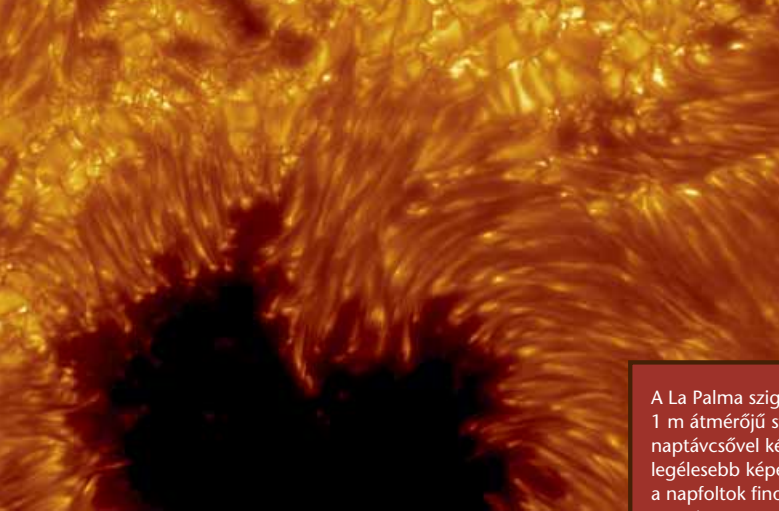
A McNaught-üstökös csóvája 2007 januárjában szabad szemmel is 15-20 fokos kiterjedésűnek látszott. A 6×30 s expozíciós idejű felvételt Ausztráliában készítette *Takács István, Kiss László, Szabó Gyula és Derekas Aliz.*





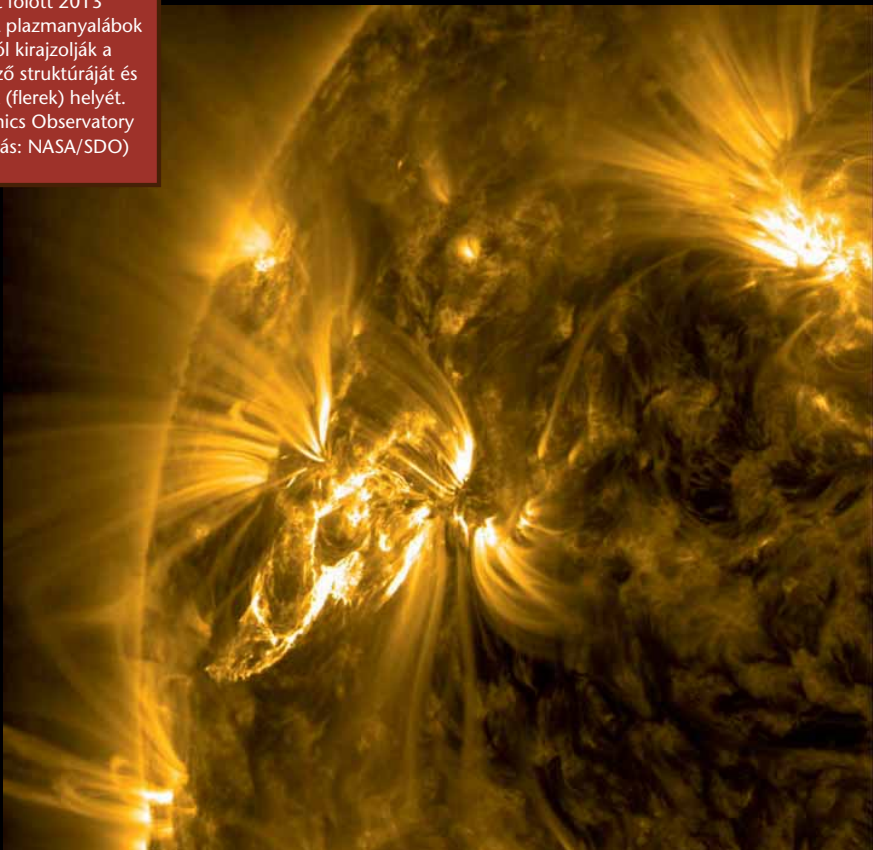
A Naprendszer belső részében ismert kisbolygók és üstökösök 2000. október 9-én (fent) és 2013. június 17-én (lent). Feltűnő a kis égitestek számának rohamos növekedése. A kisbolygók helyzetét zöld pont, a Földhöz közel keringő vagy a Föld pályáján belülré kerülő aszteroidákat piros pont jelöli. Az ismert periodikus üstökösök helyzetét kék négyzetek mutatják. A nagybolygók pályáját kör jelzi. (Forrás: Gareth Williams, Minor Planet Center)





A La Palma szigetén felállított, 1 m átmérőjű svéd naptávcsővel készített legélesebb képeken előtűnik a napfoltok finomszerkezete. (Forrás: SST/Svéd Királyi Tud. Akadémia)

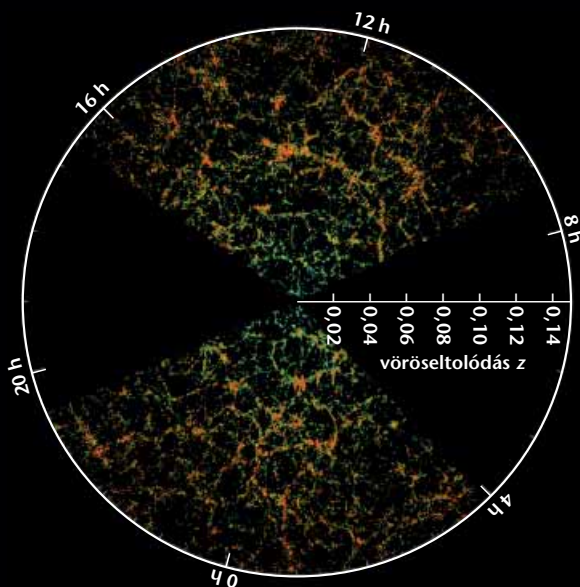
A Nap atmoszférája egy bonyolult szerkezetű napfoltcsoport fölött 2013 januárjában. A plazmalyalábok (erővonalak) jól kirajzolják a mágneses mező struktúráját és a napkitörések (flerek) helyét. A Solar Dynamics Observatory felvétele. (Forrás: NASA/SDO)





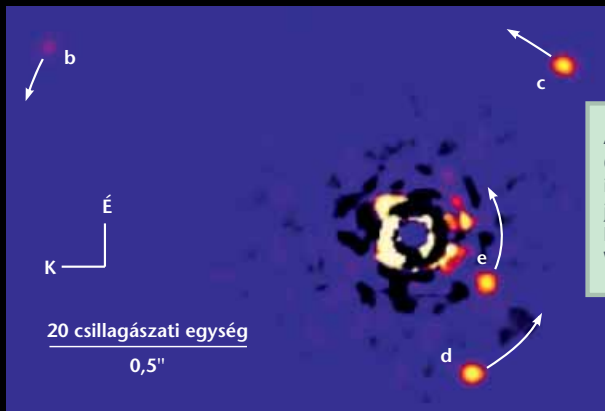
Az ALMA (Atacama Large Millimeter/submillimeter Array) antennaegyüttes 54 darab 12 m átmérőjű és 12 darab 7 m átmérőjű antennából álló rendszer az 5000 m magas Chajnantor-fennsíkon, Chilében. Az egyes antennák helyzete a többihez képest változtatható, és a rendszer egyetlen nagy felbontású rádióteleszkópként működik. Az ALMA rendszere 2013-ban épült ki teljesen. (Forrás: ESO, ALMA)

A Sloan Digital Sky Survey (SDSS) keretében az égbolt negyedét feltérképezve 930000 galaxis és 120000 kvazár eloszlását és térbeli helyzetét határozták meg. Az itt bemutatott diagram az SDSS által $-1,25^\circ$ és $+1,25^\circ$ deklináció között észlelt galaxisok eloszlását ábrázolja. Minden pont egy-egy galaxist jelöl. A diagram középpontjában a Föld van, a külső kör 2 milliárd fényév távolságnak felel meg. Feltűnő a galaxisok egyenetlen eloszlása, a „buborékok” között szinte üres térségekkel. (Forrás: SDSS, M. Blanton)

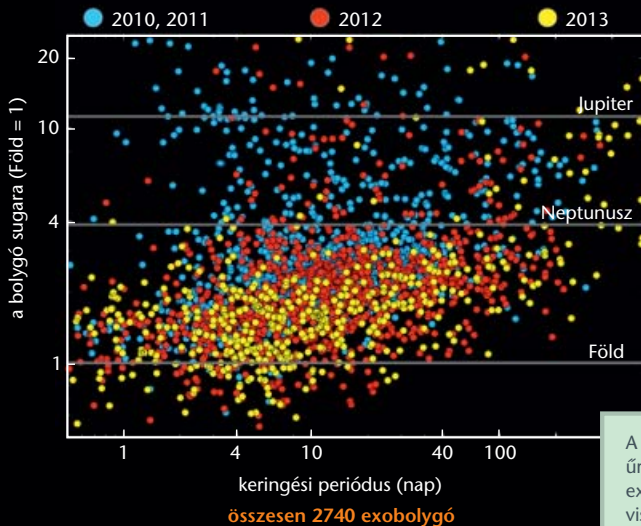




Az ESO 2009 óta működő 4,1 m átmérőjű VISTA-távcsöve közeli-infravörös hullámhosszon végez égfelmérést. Első látványos eredményeként eddig ismeretlen 96 csillaghalmazt fedeztek fel az általa készített képeken. Jelenleg nagyjából 2500 nyílthalmazt ismerünk a Tejútrendszerben, ám becslések szerint számuk a 30000-et is elérheti. (Forrás: ESO, VISTA)



A 130 fényévre levő HR8799 fiatal csillag (kitakarva) körül keringő bolygórendszer infravörös képe. A b, c, d és e betűkkel jelölt óriásbolygók egy évtized alatt befutott pályáivét nyílak jelzik. (Forrás: W. M. Keck Obs., NRC-HIA, C. Marois)



összesen 2740 exobolygó



A 2009-ben felbocsátott Kepler-űrtávcső méréseiből kimutatott exobolygójelöltek Földhöz viszonyított mérete a keringési periódusuk függvényében. (Forrás: NASA, Kepler misszió)

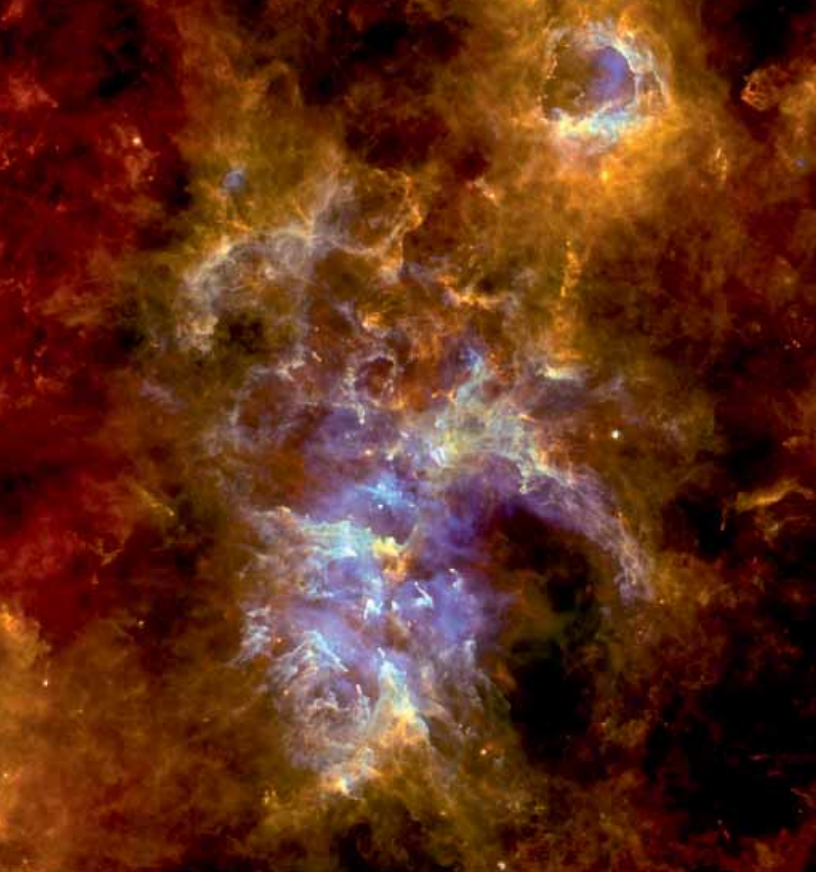


Az NGC 602 csillagkeletkezési tartomány a Kis-Magellán-felhőben. Középen a már megszületett fiatal csillagok halmaza fényesen ragyog 200000 fényév távolságból is. A háttérben távoli galaxisok nyújtják „háromdimenzióssá” a kozmikus csendéletet. (Forrás: NASA/ESA/STScI/AURA/Hubble Heritage Team)



Az Arp 273 kölcsönható galaxispár az Andromeda csillagképben található, tőlünk 340 millió fényévre. A két galaxis szoros közelsége csillagkeletkezési hullámot indított el mindkét galaxisban. A gravitációs kölcsönhatást a szokatlan elhelyezkedésű spirálkarok is jelzik. (Forrás: NASA/ESA/STScI/AURA/Hubble Heritage Team)

A 440 millió fényévre levő Arp 147 galaxispár spirális tagjában beindult heves csillagkeletkezés sok nagy tömegű csillagot hozott létre, amelyek gyorsan fejlődve szupernóva-robbanás után fekete lyukakká váltak, és ezek a beléjük hulló anyag röntgensugárzásáról ismerhetők most fel (a képen rózsaszínű foltok). (Forrás: NASA/STScI + NASA/CXC/MIT/S. Rappaport et al.)



fent: Csillagok tízezrei keletkeznek a Carina-ködben. Az ESA Herschel-űrobszervatóriumával távoli-infravörösben készített felvételén az alacsony hőmérsékletű csillagközi anyag (a csillagképző molekulafelhők) sugárzása a legerősebb. (Forrás: ESA/PACS/SPIRE/T. Preibisch)

jobbra: A Spirálvarázs néven ismert planetáris köd finomszerkezete a Hubble-űrtávcső felvételén. A köd közepén néhány évezrede még vörös óriás fejlődési állapotú csillag burkát ledobva látványos fénylésre gerjeszti a környezetét. Élete végén a Nap is hasonló fejlődési fázison megy át. (Forrás: NASA/ESA/STScI/AURA/Hubble Heritage Team/R. Sakai, A. Hajian)





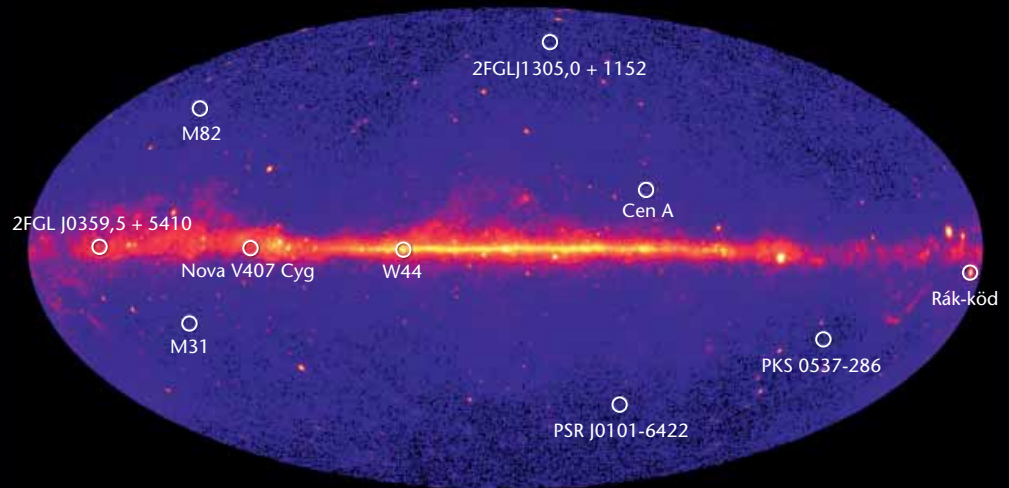
A zéta Ophiuchi csillag gyorsan mozogva lökéshullámot kelt. A felvételen a csillag által menet közben ledobott csillagszél okozta fejhullám látható infravörös hullámhosszakon. (Forrás: NASA/JPL-Caltech)

Az 1006-ban a Lupus csillagképben bekövetkezett szupernóva-robbanás az ember által eddig megfigyelt legfényesebb szupernóva volt. Az egy évezrede történt robbanás egyre szétterjedő lökéshulláma ma is gerjeszti a maradványfelhőt. A színek eltérő hullámhosszú sugárzásra utalnak: a kék röntgensugárzást, a vörös rádióhullámokat jelent, a sárgás árnyalat az optikai sugárzást jelzi. (Forrás: NASA/STScI/Z. Levay/ESA)



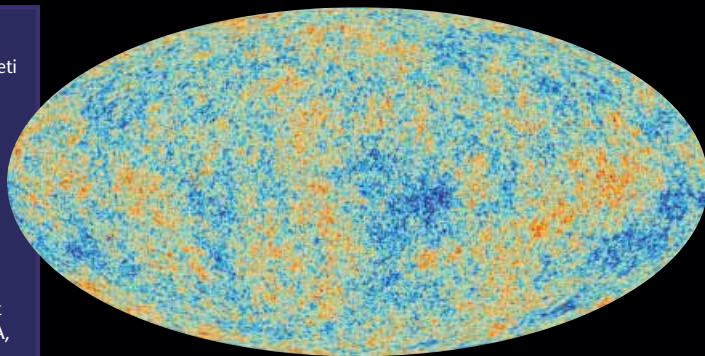


A Vela csillagképben látható csillagközi hidrogénfelhő mélyén megbúvó pulzár. A fenti képen bejelölt piros téglalap kinagyítva látható a jobb oldalon, de az optikai helyett röntgenhullámhosszakon. (Forrás: NASA/CXC/Univ. of Toronto/ M. Dunant et al.)



Az égbolt gammatérképe 1 milliárd elektronvolt (1 GeV) energián a Fermi-űrtávcső első két évben végzett mérései alapján. A világosabb színek fényesebb gammaforrásoknak felelnek meg. A sugárzás a Tejútrendszer fősíkjá mentén a legerősebb. A diszkrét gammaforrások között vannak pulzárak, szupernóva-maradványok és távoli galaxisok centrumában levő, óriási tömegű fekete lyukak. (Forrás: NASA/DOE/Fermi LAT Collaboration)

A kozmikus mikrohullámú háttérsugárzás hőmérsékleti egyenetlenségei az ESA Planck szondájának 2009–2010-es mérései alapján. Az átlagérték alatt és fölött kétszáz mikrokelvines határon belül ingadozó, néhány milliommód K pontosságú mérésekből az Univerzum legősibb struktúrára lehet következtetni. (Forrás: ESA, Planck Collaboration)



A 2000 óta 52 csillagászati űrszondát bocsátottak fel, a 2000 előtt felbocsátottak közül pedig 10 jelenleg is működik. Az 1990-es években elkészült 7 óriástávcső mellett 9 újabb optikai távcső főtükreinek átmérője haladja meg a 8 métert. Az űrszondák és az óriástávcsövek teljes listája az on-line változatban található.

Abban biztosak lehetünk, hogy a közeljövőben sem törik meg a csillagászat látványos fejlődése. 2013 őszén indítják az ESA Gaia nevű asztrometriai űrszondáját, amelynek méréseiből egymilliárd csillag térbeli helyzetét és mozgását fogják pontosan meghatározni az évtized végére. Néhány éven belül a legnagyobb optikai távcső 40 méter tükörátmérőjű lesz (E-ELT, European Extremely Large Telescope, az ESO egyik chilei obszervatóriumában). Készül a Square Kilometer Array (SKA), az összesen egy négyzetkilométer antennafelületű rádiótávcső-rendszer. Ugyancsak a megvalósítás felé halad az LSST (Large Synoptic Survey Telescope) projekt, amelynek 8,4 m átmérőjű, 3,5 fok látómezejű távcsöve háromnaponként fogja leképezni a teljes égboltot, 24,5 magnitúdós határfényességig, és gyakorlatilag minden ennél fényesebb átmeneti jelenséget (szupernóvák, változócsillagok, kisbolygók, gravitációs lencsétől származó felfényesedések) rögzíteni fog. Folytatódó nemzetközi együttműködés keretében pedig megkísérlik a gravitációs hullámok kimutatását is. A csillagászok számára nem a csillagos ég a határ – azon túl is igyekeznek feltárni az Univerzum titkait.

A füzet bővített, tanórai segédletként is használható on-line változata letölthető a www.fizikaiszemle.hu honlap mellékletek pontjából.



Kiadja az Eötvös Loránd Fizikai Társulat (www.elft.hu) és a Magyar Csillagászati Egyesület (www.mcse.hu)
Felelős kiadó: Szatmáry Zoltán, a Fizikai Szemle főszerkesztője
Nyomdai előkészítés: Kármán Stúdió
Nyomdai munkálatok: OOK-Press Kft.
HU ISSN 0015-3257

