

ÁBRAHÁM PÉTER

Az MTA CSFK Csillagászati Intézetének 2012. évi tevékenysége

A beszámolási időszakban az intézet kutatói az MTA Csillagászati és Földtudományi Kutatóközpont alapító okiratában a Csillagászati Intézet számára rögzített feladatoknak megfelelően alapkutatót végeztek, több egyetemen részt vettek a felsőfokú oktatásban, valamint jelentős aktivitást fejtek ki a tudományos ismeretterjesztésben.

Tudományos eredmények

Az intézet kutatói 2012-ben 241 tudományos közleményt publikáltak, ebből nemzetközi szakfolyóiratban 87-et. Az összes publikáció minden adata megtalálható a Magyar Tudományos Művek Tára (MTMT) weboldalán: <https://www.mtmt.hu>.

A csillagok belső szerkezete és pulzációja

Részletesen analizáltuk az RR Lyrae Kepler-űrtávcsővel gyűjtött adatait. A rövid mintavételezésű (short cadence) mérések segítségével megmutattuk, hogy három radiális módus is jelen van a csillagban: az alpmódus mellett az első és a kilencedik felhang is megjelenik, igen kis amplitúdóval. Szintén megmutattuk, hogy a csillagban a perióduskettőződés jelensége folyamatosan jelen van, de változásokon megy át. A nagyobb és kisebb amplitúdójú ciklusok sorrendje néhány hetes, a modulációnál gyorsabb időskálán felcserélődik. Több szakaszt is azonosítottunk, ahol átmenetileg nem két, hanem hat eltérő amplitúdójú ciklus mintázata ismerhető fel. Hidrodinamikai modellekkel való összevetés alapján ilyenkor az alpmódus és az első felhang megközelíti a 3:4-es rezonanciát.

Az empirikus eredményekhez szorosan kötődve elsőként azonosítottunk három radiális módust is tartalmazó, RR Lyrae hidrodinamikai modelleket. Ezekben az alpmódus mellett az első és a kilencedik fel-

hang van jelen, a Kepler-megfigyelésekhez hasonlatosan igen kis amplitúdóval. Az első felhang gerjesztődését a klasszikus RRab (alapmódusú) régióban a perióduskettőződés jelenléte okozza. A három módus együtt igen változatos dinamikai állapotokat hozhat létre: számtalan különböző rezonáns, illetve kaotikus állapotot azonosítottunk. A többmódusú, nemlineáris modellek segítségével nemlineáris asztroszeizmológiai vizsgálatokra is lehetőség nyílik: a rezonanciák, frekvenciaeltolódások és a módusok amplitúdói is összehasonlíthatóak az észlelési adatokkal. Elsőként az RR Lyrae észleléseire alkalmaztuk ezeket a modelleket. (Molnár L., Kolláth, Szabó R.)

Megmutattuk, hogy a Kepler által megfigyelt KIC 4840675 három csillagból áll: egy gyorsan forgó A színektípusú csillagból és két halványabb, Nap típusú kísérőből. Az A csillag δ Scuti változó egy domináns és sok kis amplitúdójú módussal, valamint több, alacsony frekvenciás változással. A legnagyobb amplitúdójú kisfrekvenciás jel a csillag forgásával azonosítható. A rendszer legérdekesebb vonása három független frekvencia az 1,4-1,5 mHz frekvenciatartományban, ami messze kívül esik a δ Scuti csillagok tipikus frekvenciatartományán. Három lehetséges magyarázatot adtunk a rejtélyes frekvenciák eredetére: (1) Nap típusú oszcillációk, (2) a roAp csillag oszcillációja, (3) egy láthatatlan, kompakt pulzáló kísérő, de a kérdés csak további megfigyelésekkel dönthető el. (Paparó)

Megvizsgáltuk a Kepler-űrtávcső által megfigyelt V1154 Cygni csillagot, amely eddig az egyetlen biztos azonosítású cefeida a Kepler látómezőjében. A közel 600 napos adatsor analízisével kimutattuk, hogy a pulzációs periódus ciklusról ciklusra változik, ami a fénygörbe alakjának apró változásaival is összefüggésben áll. Ez alapján a cefeidák nem annyira pontos „ kozmikus órák”, mint korábban gondolták: az egyedi ciklushosszak egymásutánja 0,015-0,020 nap szórást mutat az adatsor bármely szegmensében. Szimulált adatsorokkal kimutattuk, hogy ha ilyen mértékű periódusinstabilitások általában jellemzőek a cefeidákra, az jelentősen megnehezíti a kisebb tömegű kísérők, például bolygók kimutatását a fényidő-effektus segítségével, mert a keresett jel könnyen elveszhet a csillag periódusinstabilitásának zajában. (Szabó R., Szabados, Derekas)

A Blazskó-effektus, az RR Lyrae csillagok pulzációjának modulációja, a csillagpulzáció problémájának egyik hírhedt, régóta megoldatlan problémája. Egy lehetséges újabb magyarázat szerint a modulációt a csillag konvektív zónájának periodikus változásai okozzák. Ezt a lehetőséget vizsgáltuk meg a Florida-Budapest-kóddal és az amplitúdóegyenletek vizsgálatával. Azt találtuk, hogy a modell csak 100 napnál hosszabb periód-

dusú modulációt képes megmagyarázni, mert a pulzáció a csillag szerkezetének változását a feltételezettnél lassabban követi. A vizsgálatok alapján a konvektív régió változásai önmagukban nem képesek megmagyarázni a Blazskó-effektust. (Kolláth, Molnár L.)

A rendelkezésre álló 120 éves fotometriai megfigyeléseket felhasználva vizsgáltuk az M3 gömbhalmaz 134 RR Lyrae csillagának periódusváltozásait. A legszabályosabb periódusváltozást mutató változócsillag-minta átlagos periódusváltozási üteme jól egyezik a csillagfejlődési modellekből származtatott értékekkel. Ugyanakkor a csillagok nagy hányada mutat a fejlődési modelleknek ellentmondó periódusváltozásokat. A változók közel 50 százalékának nem stabil a fénygörbéje, Blazskó-moduláció figyelhető meg bennük. A különlegesen viselkedő (fénygörbe-modulált és/vagy szabálytalan periódusváltozású) csillagok nagy aránya arra utalhat, hogy a látszólag szabályos periódusváltozású változók között további, fénygörbéjében és/vagy periódusában instabil csillagok lehetnek, mivel a kérdés eldöntésére nem állnak rendelkezésre eléggé hosszú megfigyelések. Ezen változók jelenléte magyarázhatja az evolúciós várakozásokkal nem összeegyeztethető, de szabályos periódusváltozásokat. (Jurcsik, Hajdu, Szeidl)

Elvégeztük az XY And és UZ Vir Blazskó-modulált csillagok fénygörbéjének analizését. A két változó fénygörbéje a szokásos modulációs szerkezetet mutatja a Fourier-spektrumban, multiplettekkel a pulzációs csúcsok körül. Mindkét esetben egy további, független frekvenciát és a pulzációval alkotott lineáris kombinációit is kimutattunk. Részletesen megvizsgáltuk a triplett-szerkezetek amplitúdó- és fázisviszonyait. Az epochafüggetlen fáziskülönbségek a legtöbb esetben szisztematikus színfüggést mutatnak, ugyanakkor ez az összefüggés fordított a két csillag esetében. Az általunk korábban kidolgozott inverz fotometriai módszert alkalmazva meghatároztuk a csillagok fizikai paramétereit és változásukat a Blazskó-moduláció alatt. Eredményeink ellentmondanak a Blazskó-effektus Stothers-féle modelljének. (Sódor, Hajdu, Jurcsik)

Befejeztük a tejútrendszerbeli klasszikus cefeidák kémiai összetétele és a fénygörbéjük Fourier-paramétereinek közötti összefüggések feltárását. Az összefüggések széles hullámhossztartományban megegyeznek, így alkalmazhatók a Gaia-űrtávcső által használt fotometriai sávokban is. Módszerünk segítségével a spektroszkópiai mérésekhez képest sokkal halványabb csillagokra is meghatározható a csillag fémessége. Ezt az összefüggést használva tovább pontosítható a cefeidák periódus-fényesség relációja, és az erre alapozott valamennyi távolságmeghatározási módszer. (Szabados, Klagyivik)

Az Európai Déli Obszervatóriumban végzett polarimetriai mérésekből meghatároztuk az RS Puppis (az eddigi legpontosabban ismert távolságú, hosszú periódusú galaktikus cefeida) körüli burok tömegét és annak szerkezetét. A gáz és a por együttes tömege 290 naptömegnek adódott, ami kizárja, hogy a burok a cefeida által levett anyag legyen. (Szabados)

Befejeztük a HR 8752 sárga hiperóriás hosszú időskálájú változásainak vizsgálatát. A spektroszkópiai és fotometriai megfigyelések alapján – amelyek közül a fényességbecslések a 19. század közepéig nyúlnak vissza – úgy találtuk, hogy a csillag effektív hőmérséklete jelentősen megnőtt az elmúlt 25 évben. Ez gyors kékülésre utal a Hertzsprung–Russell-diagramon. A HR 8752 az úgynevezett „sárga evolúciós úr”-ben található, amelynek két instabil régiója van, és a csillag az alacsonyabb hőmérsékletűből a magasabb felé tart. A hosszú időskálájú változásokat a Maeder-féle gejmódellem segítségével értelmeztük. (Zsoldos)

Aktív jelenségek csillagokon

Három aktív csillag, a V2253 Oph, az IT Com és az IS Vir hosszú időt átfogó fotometriai méréseit elemeztük. A három csillag egyvonalas szoros kettős K óriás főkomponensei a pálya- és rotációs szinkronizáció különböző állapotokban találhatók. Földi és űrtávcsöves adatokat kombinálva megmutattuk, hogy a V2253 Oph és IT Com esetében a spektrális energiaszint eloszlás megfelel az egyszerű fotoszferikus sugárzásnak. Ezzel szemben az IS Vir rendszerében kismértékű közepes infravörös többletet találtunk, ami porkorong jelenlétére utalhat. Meghatároztuk a három rendszer főkomponensének forgási periódusait, amelyek 20-60 nap közé esnek. Az adatokból differenciális rotáció, valamint aktivitási ciklikusság is kimutatható volt. Az IT Com úgynevezett flip-flop jelenséget mutatott 2-3 év alatt. A domináns aktív hosszúság felcserélődése a periasztron-átmenet-höz időben közel történt, ami a pálya dinamikájának a mágneses aktivitásra való hatását jelentheti. A V2253 Oph 21,55 napos forgási periódusa 15-ször hosszabb pályaperiódussal is fáziskoherenciát mutat, ami szintén jele annak, hogy a pálya árapályereje hatással van a csillag mágneses aktivitására. (Oláh, Moór)

Több mint három évtized fotometriai méréseit felhasználva vizsgáltuk két gyorsan forgó csillag, az EI Eri (G5IV) és a V711 Tau (K1IV) aktivitási jelenségeit. Az évi átlagos rotációs periódusokból azt találtuk, hogy az EI Eri jól meghatározható Nap típusú differenciális rotációt mutat, a foltok az egyenlítőtől a magas szélességekig egyaránt megtalálhatók. A V711 Tau differenciális rotációja ellentmondásos, de mindenképpen csekély mértékű. A V711 Tau K1IV komponensének foltjait az árapályerők stabi-

lan egy helyen tartják. A két rendszer fizikai paraméterei hasonlóak, csak egy dologban különböznek: az EI Eri másodkomponense kis tömegű M4-5 törpecsillag, míg a V711 Tau párja egy G5V csillag, így a két rendszer tömegközéppontja nagyon különböző pozícióban van a rendszereken belül. Ez a helyzet kihathat az aktív csillagok teljes belső szerkezetére, és komoly különbségeket is okozhat a csillagfelszíni aktivitás megjelenésében. (Oláh, Kővári, Vida)

Az RS CVn típusú ζ Andromedae kettős rendszer K-óriás komponensének differenciális rotációját is kutattuk. A felszíni folteloszlások Doppler-rekonstrukcióját végeztük el idősorban három spektroszkópai adatállományra, amelyek egymástól függetlenül három különböző megfigyelési helyről származnak. Az egyes vonalakra elkészített Doppler-képek jó egyezéssel mutatják a folteloszlást. Számos foltot találtunk alacsony szélességen körülbelül 1000 K hőmérséklet-különbséggel, valamint egy aszimmetrikus elhelyezkedésű poláris sapkát, amelynek kiterjedése az idő múlásával csökkent. A felszín differenciális rotációját az időben egymást követő kép-párok keresztkorrelációjából határoztuk meg. A keresztkorrelációs vizsgálat Nap típusú differenciális rotációt tárt fel. (Kővári, Kriskovics, Vida)

Napaktivitás

2008. január 2–18. között két aktív vidék volt a Nap egyenlítője közelében, amelyekben a Hinode/EIS spektrográfja gyors koronaplazma-kiáramlásokat mutatott. A kérdés, amire választ kerestünk: az aktív vidékből kiáramló plazma kijut-e a bolygóközi térbe, vagyis tekinthető-e a lassú napszél forrásának? Mágneses modellezést alkalmazva kimutattuk, hogy a plazmaáramlások a mágneses tér kvázi-szeparatrix rétegei közeléből indulnak ki, ami arra utal, hogy mágneses átkötődés hajtja az áramlásokat. Ezzel megerősítettük egy korábbi vizsgálatunk eredményét. A modell azt is mutatta, hogy bizonyos plazmaáramlások zárt mágneses erővonalak mentén történnek, míg mások az erővonalak mentén elhagyták az extrapolációs „dobozt”. Globális (az egész Napra vonatkozó) mágneses modell jelezte, hogy ezek az erővonalak egy mágneses nullponthoz tartoznak, és elérik a napszél úgynevezett forrás-felszínét, amely a Nap központjától 2,5 napsugárnyi távolságra van, tehát a plazmaáramlások ezen erővonalak mentén a napszélbe folyhatnak. A két különböző korú aktív vidékhez köthető lassú napszélnyalábok különböztek hőmérsékletükben, sebességükben és kémiai összetételükben, amit szintén a mágneses szerkezettel és az aktív vidékek karkülönbségével magyaráztunk. Ezzel a vizsgálattal tehát kimutattuk, hogy az aktív vidékből kiinduló bizonyos plazmaáramlások valóban a lassú napszél forrásai. (van Driel-Gesztelyi)

A napfoltaktivitás hosszúságbeli eloszlásának időbeli változását vizsgálva az aktív zónák jellegzetes migrációját azonosítottuk. Ez a vándorlás az idő-hosszúság diagramon parabolák sorozatát rajzolja ki, amelyek a Spörer-diagram hosszúságbeli megfelelőjének tekinthetők. A diagram nem mutat ciklusfüggést. A migrációs útvonal mentén haladva meghatározható az aktív zóna szélessége, amely az aktivitási maximum idején szélesebb, egyébként körülbelül 20-30 fok, és detektálható a flip-flop jelenség.

Az SDD napfoltkatalógus, a SOHO/MDI észleléseire épülő legrészletesebb adatbázis adataira támaszkodva egy új fler-előrejelzési eljárás kidolgozását kezdtük el. A módszer az eddigi megközelítésektől eltérően a horizontális mágneses tér gradiensének a napfoltok mozgása és fejlődése révén előidézett változásait követi. (Baranyi, Ludmány)

Csillagkeletkezés és az intersztelláris anyag fizikája

A V2492 Cygni jelű fiatal csillag 2010-ben kitört. Az intézeti infravörös-csillagászati csoport tíz hullámhosszon követte a kitörést, részben földi telepítésű távcsövekkel, részben infravörösben érzékelő űrteleszkópokkal. Analizáltuk a fénygörbéket és a szín-szín diagramokat, összevetve a szín-változásokat a csillagközi vörösödési törvénnyel. Megvizsgáltuk a csillag tágabb környezetét is, hőmérséklet- és optikaimélység-térképeket készítve a távoli-infravörös adatokból. Azt találtuk, hogy a különböző hullámhosszakon mért fénygörbék alakja nagyon hasonló, azt sugallva, hogy a fényességváltozás egyetlen fizikai okra vezethető vissza, ami legnagyobb valószínűséggel a változó extinkció. A valószínűsíthető magyarázat szerint a központi forrást egy, a belső korongban keringő porfelhő időnként eltakarja, a távoli-infravörös fluxusok változatlansága pedig arra utal, hogy hosszabb ideig létező és nem tranzienst porfelhőről lehet szó. A V2492 Cyg esete azt példázza, hogy egy fiatal eruptív csillag kitörése nem feltétlenül teljes mértékben a megnövekedett akkréció számlájára írható. A megfigyelt változékonyság így információt szolgáltat a belső korong szerkezetéről, ami segítheti a bolygóképződés kezdeti feltételeinek megértését. (Ábrahám, Szegedi-Elek)

587 H α -emissziós csillagot azonosítottunk az Orion-köd halmazának központi régiójában. 121 csillagban sikerült első ízben kimutatni az emissziót. Rendszeresen végeztünk távészleléseket a Hawaii-szigeteki 2,2 m-es teleszkóppal fiatal csillagokról. (Kun, Szegedi-Elek)

Átépítettük és rutinszerűen használtuk az OTKA-támogatással megépített kis felbontású spektrográfot a piszkéstetői 1 m-es távcsövön. Méréseket végeztünk kis tömegű fiatal csillagokról, amelyek jellegzetes és időben változó emissziós vonalakat mutatnak. A színkép változásai-

nak detektálásával nyomon követtük a fiatal csillagokban működő tömegbefogási folyamatokat. (Kun)

A gázban gazdag primordiális korongokat és a ritkásabb portartalmú, gázban szegény törmelékkorongokat általában a csillagkörüli anyag fejlődésében két jól elkülönülő fázisnak tekintik. Egy az APEX rádióteleszkópot felhasználó nagyobb felmérés során a 30 millió éves HD 21997 jelű csillag törmelékkorongjában – millimétereres hullámhosszakon vizsgálódva – szén-monoxid-gázt találtunk. Ez az egyik legöregebb ismert a gázt tartalmazó törmelékkorongok közül, és a magas kora azt sugallja, hogy a benne felfedezett CO-gáz másodlagos eredetű lehet, amely planetezimálok szublimációja, jeges porszemcsék fotodeszorpciója és a szemcsék ütközései során történő elpárolgása nyomán jöhet/jöhetett létre. Az ALMA interferométer úgynevezett Early Science programjának keretében elsőként sikerült a HD 21997 körüli korongot felbontani szubmilliméteres hullámhosszakon. A térben és spektrálisan is feloldott CO-emisszió azt mutatja, hogy a molekuláris gáz egy korongban található, és forgása kepleri a központi csillag körül. A mérések nagy mennyiségű szénmonoxid jelenlétére utalnak, míg az adatok elemzéséből származó első eredmények alapján a megfigyelt gáz inkább primordiális eredetű. Ez igen komoly kihívás a jelenlegi korongfejlődési elméletek számára, mivel azok szerint a primordiális gáznak már sokkal korábban el kellett volna tűnnie a rendszerből. (Moór, Ábrahám)

Exobolygórendszerek

A HATNet exobolygó-kereső program keretében felfedeztünk tíz exobolygót, amelyek széles tömegtartományt fognak át a Szaturnusz-tömegtől a többszörös Jupiter-tömegig. Néhányat érdemes részletesebben is megemlíteni. A HAT-P-17 rendszerben egy excentrikus pályán mozgó forrásszaturnusz mellett egy külső pályán keringő hidegjupitert találtunk. A kettő közül csak a belső égitest halad át központi csillaga előtt, a külső létezésére Doppler-mérések utalnak. A HAT-P-34 rendszerben egy magányos bolygót találtunk nagyon elnyúlt pályán, körülbelül háromszoros Jupiter-tömeggel. A felfedezés érdekessége, hogy a forrójupiterek pályája az árapályhatások miatt csillagászati időskálán gyorsan cirkularizálódik, így a nagy excentricitást esetleg további perturbáló égitestek okozhatják. Felfedeztünk egy forrásszaturnuszt (vagyis olyan exobolygót, amelynek tömege 0,1 és 0,4 Jupiter-tömeg közé esik, keringési periódusa pedig nagyságrendileg 10 napnál rövidebb), aminek érdekességét az adja, hogy jelenleg még ritkának tekinthető ez az égitesttípus – a mai ismert, 10 napnál rövidebb periódusú bolygók kevesebb mint 10%-a forrásszaturnusz. (Kovács G.)

Tanulmányoztuk a bolygókeletkezési folyamatoknak helyszínt adó protoplanetáris korongok belső folyamatait, különös tekintettel a bolygócsírák kialakulására a korongokban fellépő belső instabilitások hatására. Részletes modellszámításokat végeztünk, majd összehasonlítottuk a szimulációk eredményeit szubmilliméteres hullámhosszakon végzett megfigyelésekkel. Hidrodinamikai számításaink eredményét felhasználva háromdimenziós radiatív transzfer kód segítségével modelleztük a porkorongok képét, s az eredmények alapján nagyléptékű anticiklonikus örvények létezésére következtettünk. Mindezek alapján a szubmilliméteres képek jelenleg is működésben lévő bolygógyárakat tárnak szemünk elé. (Regály)

Földfelszíni spektroszkópiával (Arizona és Texas, USA) három bolygórendszer új tagjainak felfedezéséhez járultunk hozzá: egy rezonáns második óriásbolygó a HD 204313 körül, több óriásbolygó a HD 155358 rendszerében, illetve a Qatar-2 rendszerében két bolygó kimutatása. Utóbbi azért érdekes, mert egy alig 1,34 napos pályán keringő forrójupiter rendszerében mutatták ki egy távolabbi bolygó létezését, ami gyengíti a Kepler-űrtávcső forrójupiterek magánosságára vonatkozó statisztikai eredményeit. (Fűrész)

A KOI-13.01 jelzésű szubsztelláris kísérő égitest pályadőltségét az intézet munkatársai mutatták ki először a Kepler-űrtávcső ultraprecíz fotometriai adatai alapján. Ezt a gyorsan forgó központi csillag felületi fényességének nem egyenletes eloszlása tette lehetővé. Újabb vizsgálatokkal kimutattuk az időközben forrójupiternek bizonyult exobolygóról, hogy a központi csillag és a bolygó 5:3 arányú spin-pálya rezonanciában található, ami első bizonyíték arra, hogy elegendően nagy tömegű és szoros pályán keringő bolygók képesek akár a csillaguk forgását is befolyásolni gravitációs perturbációikkal.

Folytattuk vizsgálatainkat az exobolygók körül keringő kísérők kimutatása és jellemzése témakörében. Legújabb kutatásunk célja annak vizsgálata, hogy hogyan mutatható ki egy exohold az exobolygótranszit-görbék lokális szórásának finom elemzéséből. Megmutattuk, hogy az adatok kezelése során az exohold-jelek megőrzése érdekében vigyázni kell a szisztematikus trendek levonásakor. (Szabó Gy., Kiss L., Simon A.)

Naprendszer égitestjei

Az általuk vezetett *TNOs are Cool!* programban a Herschel-űrtávcsővel észlelt mintára meghatározták a szórt korong, a klasszikus és a plutínó osztályokba tartozó Kuiper-övi objektumok fizikai tulajdonságait. A másik két objektumcsoporttól eltérően a szórtkorong- és „lecsatolódt” objektumok korrelációt mutatnak a méret és az albedó között, vagyis

nagyobb égitestekhez nagyobb albedó is tartozik, ami arra utal, hogy a nagyobb objektumok felszínét nagyobb arányban borítja „friss” jég. A klasszikus és plutínó populációkra kapott méreteloszlás a korábban feltételezetténél „laposabb”, azaz a nagy égitestek számához képest kevesebb kisebb égitestet látunk, mint azt korábban gondolták. Ez megmagyarázhatja azt is, hogy a kisebb objektumokat kereső (például nagyszámú csillagfedést megfigyelő) programok miért nem látnak a jósoltak megfelelő számú eseményt. (Kiss Cs.)

Szintén a Herschel mérései alapján meghatároztuk két különleges objektum, a Sedna és a 2010 EK139 alapvető fizikai tulajdonságait. A két objektum tulajdonságai összhangban vannak a korábban a szórtkorong-objektumokra kapott összefüggéssel, vagyis hogy a nagyobb objektumokhoz magasabb albedó tartozik, és az albedóértékek ezekre az égitestekre szisztematikusan nagyobbak, az átmérők pedig kisebbek a korábban feltételezetteknél.

A Herschel-űrtávcsővel és a chilei ESO/MPG 2,2 m-es távcsővel végzett megfigyelések alapján meghatároztuk a 2012 DR30 nevű, különlegesen elnyúlt és nagy inklinációjú pályán keringő égitest méretét és alapvető felszíni tulajdonságait. Az égitest legfontosabb különlegessége, hogy a valószínűsíthető Oort-felhőbeli eredete ellenére a V típusú (fővöblí) aszteroidákhoz hasonló visszavertfény-színképet mutat, amit eddig soha nem észleltek kentaurok és egyéb Kuiper-övi objektumok között. (Kiss Cs., Pál A.)

ESO VLT, Hubble- és Herschel-mérések kombinálásával kimutattuk, hogy a Hale-Bopp-üstökös aktivitásának végén dérképződéshez hasonló folyamat zajlott az üstökösmagon, amely egyedi megfigyelés, és a mag különösen nagy tömegével magyarázható.

A 13,5 éves keringési idejű 8P/Tuttle-üstökös magját közvetlenül megfigyeltük a Hubble- és a Spitzer-űrtávcsövekkel. A mérések időbeli hossza lefedte az üstökösmag tengely körüli forgási idejét, aminek általuk kimért értéke igazolja az areciboi radarmérések eredményeit. A látható fényben és a termális infravörösben felvett fluxusgörbék a mag összetett alakjára utalnak, amire a legmegfelelőbb egy érintkező testekből álló kettős mag modellje. Számításaink szerint a mag két komponensének sugara 2,56 és 1,1 km. Azt is megmutattuk, hogy a radarmérésekből kapott magmodell nem egyezik az űrtávcsöves eredményekkel, s az eltérés valószínűsíthető oka a két egyed nagyon eltérő fényvisszaverő képessége. (Tóth I.)

A Marson a Gale-kráterben lévő Peace Vallis folyóvölgyre készült számításaink alapján mindössze néhány napig kellett ott vízfolyásnak lennie ahhoz, hogy a megfigyelt hordalékot lerakja. A kapott időtartam feltű-

nően rövid, további elemzése szükséges. Az egykori marsi vizes környezetekben előforduló folyékony fázisok időtartamáról és térfogatáról készült elemzés alapján mindkét paraméter szerint eltérő csoportokat alkotnak a vizes környezet típusai. Ugyanakkor átfedés mutatkozik a becsapódásos krátertavak, idős vízfolyásnyomok és hidrotermális hőforrások között. Utóbbi lehet észlelési szelekció eredménye is, ennek vizsgálata folyamatban van. (Kereszturi)

Egyéb témák, interdiszciplináris kutatások

Laboratóriumi asztrofizika. A Földtani és Geokémiai Intézettel együttműködésben elkezdtük a laboratóriumi asztrofizika kutatási és humán erőforrási bázisának kiépítését. Az akadémiai infrastruktúra-fejlesztési pályázaton elnyert támogatásból megkezdődött a laboratóriumi háttér kiépítése, miközben kiterjedt nemzetközi konzultációkat folytattunk vezető európai intézményekkel (Grenoble, Heidelberg, Jéna).

Gammakitörések. Megvizsgáltuk, hogy a gammakitörések utófényének optikai fényessége milyen kapcsolatban áll a gamma- és a röntgentulajdonságokkal. Az analízis megmutatta, hogy az optikai fényesség függ a kitörés gammatartományban mért időtartamától, az ott kisugárzott energiától, valamint a csúcsintenzitástól, de nincs rá hatással a röntgenfluxus, illetve a gammafotonindex. A gammatartományban mért tulajdonságoknak az optikai fényességre gyakorolt hatása valószínűleg a központból kilövellt anyag energiájával függ össze, amely az utófényt kelti a környező csillagközi anyagban. (Balázs L.)

Hazai és nemzetközi kapcsolatok

Hazai kapcsolatok

A beszámolási időszakban rendkívül eredményes intézményi kapcsolatokat tartottunk fent hazai csillagászati kutatóhelyekkel (Szegei Tudományegyetem, Bajai Csillagvizsgáló, ELTE szombathelyi Gothard Asztrofizikai Observatórium), amelyek közül különösen gyümölcsözőnek bizonyult az ELTE Gothard–Lendület kutatócsoport megalapítása év közepén.

Az intézet kutatói a beszámolási időszakban is részt vettek az egyetemi oktatásban és a doktori képzésben meghirdetett előadásokkal, gyakorlatok tartásával, valamint szakdolgozati és doktori témavezetéssel. Az alábbi előadásokat, illetve gyakorlatokat tartották: ELTE-n *előadás:* A csillagok világa, Csillagaktivitás – aktív csillagok I–II., Observációs csillagászat:

változócsillagászat, Obszervációs csillagászat: kettőscsillagászat, Asztrostatistika I-II., Planetológia, A napfizika aktuális kérdései, Galaktikus csillagászat, Fiatal csillagok fényváltozásai, Asztrofizika II., Asztrobiológia, Mars-kutatás, Csillagászati földrajz, A Naprendszer kis és mikroszkopikus égitestjei, Szeminárium a csillagkeletkezés és csillagközi anyag kutatásának legújabb eredményeiről, Elméleti asztrofizika I., Műszertechnika I., Bevezetés a csillagászatba III-IV., Rádiócsillagászat. DTE-n *előadás*: Zenei akusztika, SZTE-n *előadás*: Galaktikus csillagászat I., BKF-en *előadás és gyakorlat*: Probability theory, linear algebra, and Operation research; Calculus for Business and Economics – Calculus.

Nemzetközi kapcsolatok

A hosszabb ideje meglevő és folyamatosan gyümölcsöző nemzetközi együttműködések (CoRoT, Gaia, IRSES, KASC, Cesar projektek) túl 2012-ben elindult az EU FP7 keretprogramja által támogatott eHEROES program, amelyben munkacsoport-vezetői szinten veszünk részt. Az ESA által elfogadott új exobolygó-kutató űrtávcső, a CHEOPS konzorciumi tagjai lettünk.

2012-ben is számos esetben sikerült elnyerni észlelési időt csillagászati nagyműszerekre nemzetközi együttműködésben például a NASA Spitzer infravörös űrtávcső, VLT (ESO, Chile). A benyújtandó pályázatok közös kidolgozásában együttműködtünk a MPIA Heidelberggel, STScI Baltimore-al. Szoros együttműködés volt a Harvard Smithsonian Center for Astrophysics intézettel (HATNet) az exobolygók kutatásában. Rendszeres megfigyeléseket végeztünk a Teide Obszervatóriumban az EU FP7 Opticon programja támogatásával.

Rendezvények, mobilitás, pályázatok

Az év során több jelentős nemzetközi találkozót és konferenciát is szerveztek az intézet kutatói: *Workshop on Mars – Connecting Planetary Scientists in Europe* (Budapest, 2012. június 5–7.), *5th KASC Workshop* (Balatonalmádi, 2012. június 18–22.).

Az intézet kutatói több hosszabb tanulmányutat tettek az ESO központjában (Garching, Németo.), a University of Sydney-n (Sydney, Ausztrália), az MPI für Astronomie-ban (Heidelberg, Németo.) és a Laboratoire d'Astrophysique-ban (Marseille, Franciaó.). Vendégkutatókat fogadtunk Brazíliából, Csehországból, Franciaországból, Japánból és az Amerikai Egyesült Államokból.

Az év során elnyert és egyből elindult legfontosabb pályázat Pál András Lendület-projektje volt, amely 200 millió Ft támogatást kapott az aka-

démiától öt év futamidővel. A program célja egy különleges felépítésű teljeségbolt-kamera („Légyszem-kamera”) megépítése, amivel újszerű módon lehet majd követni az egy földrajzi helyről látszó teljes égbolt tranziens objektumait. A projekt tudományos célkitűzéseit tekintve szorosan kapcsolódik a 2020-as évek ambiciózus égboltfelmérő programjához, a Large Synoptic Survey Telescope-hoz (LSST). Két új OTKA-pályázat támogatásával folytatódik a csillagkörüli korongok fizikájának tanulmányozása (K101393, 21 M Ft, 2012–2015), illetve új témaként elindult a marsi vizes környezetek kutatása földi analógiák alapján (PD105970, 15,4 M Ft, 2012–2015). Sikerrel pályáztunk a Gaia asztrometriai műholddal, illetve a CoRoT űrfotometriai távcső adatain végzett munka meghosszabbítására is az ESA PECS keretére. Jelentős OTKA és TÁMOP pályázati sikereket értünk el, amelyek munkájának megkezdése már átcúsúzott 2013 elejére.

Műszerfejlesztés, számítástechnika

A holland NOVA-ASTRON infravörös műszerépítő csoporttal 2011 óta áll egyre szorosabb kapcsolatban az intézet. Jaskó Attila 10 hónapot töltött Dwingelooban (Hollandia), ez idő alatt két projekt munkájába kapcsolódhatott be (VLTI-MATISSE, FP7 WP5 FAME), amelyekben intézetünk a továbbiakban is részt vesz. Szimuláltuk a William Herschel távcsőhöz készülő WEAVE műszer közel 1 méter átmérőjű lencséjének saját tömege miatt fellépő deformációját. 2013 első felében építettük meg a Pál András vezette Légyszem projekt első fő berendezését, a kamerákat mozgó hexapodot. A CESAR (Cryogenic Electronics for Space Applications and Research) projekt célja kriogenikus körülmények között is működőképes elektronikai eszközök fejlesztése és tesztelése űripari alkalmazásokhoz. Ehhez az intézetünkben kriogenikus méréseket végeztünk 4 K körüli hőmérsékleten.

A szervezeti változások informatikai feltételeinek megteremtésére egy új, az egész kutatóközpont levelezését és webes szolgáltatásait kiszolgáló szerver került a svábhegyi szerverszobába, szalagos (DAT) mentőegységgel.