

SZABÓ RÓBERT – KISS LÁSZLÓ

Az MTA CSFK Csillagászati Intézetének 2016. évi tevékenysége

A magyar csillagászat legnagyobb intézményének a beszámolási időszakban összesen 85 munkatársa volt, akik közül 53 dolgozott kutatói állományban (19 doktori fokozat nélkül, 25 PhD/kandidátus, 3 MTA doktora, 1 akadémikus, 5 emeritus kutató). A doktori fokozat nélküli tudományos segédmunkatársak zöme 35 év alatti fiatal kutató, ami egészséges koreloszlást jelent az utánpótlás szempontjából. Alapfeladatunk a tudományos kutatás folytatása, emellett részt vettünk a felsőoktatásban egyetemi oktatóként és témavezetőként, valamint jelentős aktivitást fejtettünk ki a tudományos eredmények minél nagyobb körhöz való eljuttatásában. Mindezeket részben az akadémiai alaptámogatásból, részben pedig saját pályázati bevételekből finanszíroztuk. Utóbbi bevételeink 2016-ban ugrásszerűen megnöttek, aminek az alapját jórészt négy, nagy összegű kutatásfinanszírozási pályázat adta (lásd később).

Tudományos eredmények

Az intézet kutatói 2016-ban 248 tudományos közleményt publikáltak, ebből 106 vezető nemzetközi referált szakfolyóiratban jelent meg. Publikációs tevékenységünk kapcsán kiemelendő, hogy cikkeink többségét a csillagászat legnagyobb hatású lapjai fogadták el közlésre, ami a nemzetközi élvonalhoz tartozásunk jó indikátora. Közleményeink teljes bibliográfiája elérhető a Magyar Tudományos Művek Tára (MTMT) adatbázisában (mtmt.hu).

A tudományos eredmények elsősorban csillagászati megfigyelések elemzésén alapultak. A 106 cikkből 28 volt tisztán elméleti, vagy áttekintő munka; a földfelszíni adatokra alapozott cikkekből 6 használt a Piszkés-tetői Observatóriumban felvett méréseket, további 25 pedig egyéb műszereket (debreceni napfoltkatalógus, HATNet, Légyszem, ESO, OPTICON, CHARA, Keck). Publikációink alapján egyértelmű, hogy kutatásain-

kat az űrobszervatóriumok adatai határozták meg leginkább: 11 cikk jelent meg űrfotometriai adatokra, 9 a Rosetta-szonda megfigyeléseire, 6 pedig a Herschel-űrtávcső infravörös-adataira alapozva; napszondák (4 cikk) és a Hubble-űrtávcső (1 cikk) mellett a Gaia asztrometriai űrobszervatórium mérései is megjelentek 3 publikációval. A maradék bő háromtucatnyi közleményben laboratóriumi asztrofizikai elemzéseket, irodalmi eredmények újraértelmezését, illetve publikus adatbázisokra alapozott kutatásokat jelentettünk meg. A művelt tudományterületek kellően változatosak egy pezsgő és folyamatosan megújuló kutatóintézethez méltóan. Az alábbiakban a teljességre törekvés nélkül adunk ízelítőt a 2016-ban publikált tudományos eredményeinkből.

A csillagok belső szerkezete és pulzációja

Összhangban a szakterület jelenlegi nemzetközi trendjeivel, a pulzáló változócsillagok kutatásában az űrfotometriai missziók adatai játszottak kiemelt szerepet. A már nem működő CoRoT mellett a *Kepler*-űrtávcső K2 néven futó második programja szolgáltatta az adatok többségét. A Gaia alapvető fontosságú parallaxismérései még nem voltak elérhetőek, de az első Gaia-adatkibocsátás a sajátmozgásokkal és egy szűkebb mintára számolt kombinált Hipparcos–Gaia-parallaxisokkal már most is értékes információkat szolgáltatott cefeida és RR Lyrae csillagokra. A klasszikus pulzáló csillagok mellett egyéb típusba tartozó égitestek is érdekes vizsgálatokat inspiráltak.

A CoRoT archívumában eddig fel nem fedezett RR Lyrae csillagokat kerestünk. A szisztematikus munka eredményként kilenc olyan RR Lyrae adatsort találtunk, amelyet még senki sem vizsgált meg. Ezek közül hét változócsillag teljesen új felfedezés, három pedig Blazskó-effektust is mutat. Első ízben sikerült bizonyítani egy RR Lyrae csillag pulzációjáról, hogy az nem szigorúan periodikus, hanem véletlenszerű fluktuációt mutat. A fénygörbék alakját leíró Fourier-paraméterek alapján megbecsültük a teljes CoRoT RR Lyrae-minta csillagainak alapvető fizikai paramétereit (tömeg, luminozitás, fémtartalom).

A KIC 8462852 jelű csillag egyedülálló módon a Kepler-mérések teljes hossza alatt irreguláris és nem periodikus elhalványulásokat mutatott, amelyek mélysége a fluxus 20%-át is elérte. Kutatóink részt vettek az objektum felfedezését bejelentő cikk munkálataiban és a csillag első behatóbb vizsgálataiban. Kiderült, hogy egy teljesen átlagos F3 színképtípusú fősorozati csillagról van szó. Az elhalványodások magyarázatát megnehezíti, hogy infravörös többletet nem sikerült kimutatni a csillag körül. A legvalószínűbb – de közel sem tökéletes – magyarázat szerint a jelenséget

egy korábbi, egyszeri darabolódási eseményhez köthető üstökös család vagy egy bolygókezdemény darabjai okozhatták. Az „Univerzum legrejtélyesebb csillaga” címkét is megkapott csillag hatalmas médiafigyelmet kapott: még az is komolyan felmerült, hogy az elhalványodásokat idegen civilizációk hatalmas építményei okozzák. A végső szót a jelenség természetes okának megtalálására indított multispektrális, hosszú időt lefedő nemzetközi megfigyelési kampányok fogják kimondani, amelyekben intézetünk munkatársai jelen sorok írásakor is részt vesznek.

Két ZZ Ceti típusú pulzáló fehér törpe saját megfigyelési anyagait is feldolgoztuk, a piskés-tetői 1 m-es teleszkóp adatai alapján. A G 207-9-nél hét független módust találtunk, ezek közül öt nem volt ismert korábban. Az LP 133-144 esetében a hat detektált módusból három új felfedezés. A G 207-9 esetében összehasonlítva az 1975-ös és a 2007-es megfigyelések eredményeit, évtizedes időskálájú amplitúdóváltozásokat találtunk, aminek magyarázata jelenleg még nem világos.

Új algoritmust fejlesztettünk ki a δ Scuti csillagok frekvenciakülönbségeinek vizsgálatára. A módszert először az egyik legjobban tanulmányozott δ Scuti csillag, az FG Vir segítségével kalibráltuk, majd egy 90 csillagot tartalmazó CoRoT-mintára alkalmaztuk. Az eljárás nagy segítséget jelent a sok csillagot tartalmazó minták automatikus analízisében. Hetvenhét csillagnál találtunk legalább egy reguláris frekvenciasorozatot, 22 csillagra a sorozatok közül legalább kettő eltolódást mutat a frekvenciaközök felével, ami váratlan eredmény a nem-aszimptotikus tartományban pulzáló δ Scuti csillagokra. Harmincegy esetben a pulzációs frekvenciák rotációs felhasadásából a csillag forgási periódusára következtítettünk. A munka eredményeként jó egyezést mutattunk ki a megfigyelési adatokból és az elméleti modellekből is származtatható kapcsolatra az átlagos sűrűség és a fő frekvenciakülönbség (nagy szeparáció) között.

A Gaia küldetés az Európai Űrügynökség tudományos programjának egyik alapköve. A 2013-ban felbocsátott űreszköz egymilliárd csillag égi pozícióját és mozgását fogja extrém pontossággal megmérni az öt évre tervezett működése alatt, ami Galaxisunk kialakulásának és fejlődésének pontosabb megismerését teszi lehetővé. Az intézeti Gaia-csoport kutatói részt vettek az első 14 hónap során gyűjtött adatok feldolgozásában, és az első, fényes csillagokat tartalmazó asztrometriai és fotometriai katalógusok előkészítésében. Az első Gaia-katalógusok tartalmazzák az ekliptikai pólusok körül nagy gyakorisággal megfigyelt háromezer cefeida és RR Lyrae csillag fényváltozását és adatait is, amelyek adatainak feldolgozásához szintén hozzájárultak a magyar kutatók. Ennek azért van nagy jelentősége, mert a kozmikus távolságskála egyik első lépcsőfoka éppen ezen csillagokon alapul.

Aktív jelenségek csillagokon

A Doppler-leképezés a leg részletesebb felszíni rekonstrukciós eljárás, amely információt nyújt a csillagok felszínén lévő foltok eloszlásáról. A Napnál jóval aktívabb csillagok felszínén a foltosodás mértéke is nagyobb, sőt a foltok olykor magas szélességeken, akár a póluson is megfigyelhetők. A poláris foltokkal kapcsolatban azonban az is felmerült, hogy esetleg a Doppler-leképezés tökéletlenségéből eredő mesterséges formák lehetnek. A *Nature*-ben publikált cikkünkben első alkalommal bizonyítottuk be egy nemzetközi csapattal együttműködésben, nagy felbontású optikai-infravörös interferometria használatával, hogy a mágnesesen aktív ζ Andromedae felszínén két időszakban is poláris folt figyelhető meg, továbbá a csillag felszínén a foltok eloszlása különbözik a két féltéken a két megfigyelt időszakban. Ez utóbbi megfigyelés arra enged következtetni, hogy a ζ And aktivitásáért felelős mágneses dinamo működése eltér a Napon megismerttől.



Intézetünk adott otthont február 20-án a Konkoly-emlékülésnek, melynek során alapítónk csillagászati, földmágnességi, meteorológiai és tudományszervező tevékenységéről emlékeztünk meg. Az esemény társszervezői a Magyar Csillagászati Egyesület és a Magyar Tudománytörténeti Intézet voltak. Az emlékülés csoportképe a főbejáratnál készült (Mizser Attila felvétele)

A gyorsan forgó, teljesen konvektív V374 Pegasi jól ismert célpontja a stabil mágneses tereket vizsgáló kutatásoknak. Kutatóink a mágneses tér egyik hatását: a csillag fényváltozásait és annak stabilitását vizsgálták. Többszín-fotometriai és spektroszkópai adatok alapján megmértük a flerek és korona-anyagkidobódások (CME-k) gyakoriságát. A fénygörbe csaknem merevtest-forgásra, illetve mintegy 16 éven át stabil foltkonfigurációra utal. Az erősebb flerek a kisebb aktív régió környékén gyakoribbak, bár kisebb kitörések minden fázisban láthatóak.

A Mount Wilson obszervatórium 36 éves adatsorát felhasználva a Nap típusú csillagok többéves időskálájú, mágneses eredetű változásait vizsgáltuk. Idő-frekvencia analízissel tártuk fel az adatsorokban az aktivitási ciklusok szerkezetét, meghatároztuk időbeli lefolyásukat, beleértve a többszörös és időben változó ciklusokét is. A 29 vizsgált csillag közül 28-on találtunk legalább egy aktivitási ciklust. A csillagok két jól elválasztható csoportot alkotnak. Tizenkét csillag, amelyeknek hosszabb, átlagosan 40 napos a rotációs periódusa, egymáshoz hasonló, nagyjából 10 év hosszúságú, egyszerű, sima ciklusokat mutatnak (ide tartozik a mi Napunk is). A többi 16 csillag átlagosan sokkal gyorsabban forog, és többszörös, komplex, olykor erőteljesen változó ciklusok jellemzik, kissé rövidebb időskálán. Az idősebb és fiatalabb csillagok közti választóvonal a 2-3 milliárd éves kor körül van, mely Vaughan-Preston-úrként is ismert. Ez a szétválás az aktivitás motorjának, a csillagdinamó megváltozásának a következménye, ami a csillagok rotációs fékeződése miatt következik be.

Napaktivitás

Különböző földi és űrfigyelések alapján egy több mint 140 évet lefedő egységes, homogén napfolt-adatbázist hoztunk létre. Az adatbázist kiegészítettük a történelmi magyar obszervatóriumok, Ógyalla és Kalocsa (1872–1919) észleléseivel a teljes korongról, valamint a Mount Wilson Obszervatórium napfoltpolaritás-rajzaival (1917–1976). A napfolt-relatívszám két komponenséért (foltok és foltcsoportok) különböző fizikai mechanizmusok felelősek, amelyek a bizonytalanság forrásai lehetnek. Ez a bizonytalanság a könnyen mérhető, felemelkedő mágneses fluxusmennyiség használatával kiküszöbölhető lenne. A debreceni napfoltadatok alapján a naptevékenység jelenleg elfogadott mérőszáma helyett egy annak bizonytalanságait kiküszöbölő, új indexet javasoltunk a napfolttevékenység mérésére.

A napkitörések általános hely-idő eloszlását vizsgáltuk a flerek előrejelzésének pontosítása érdekében a RHESSI és GOES műholdak adatait felhasználva. Bevezettünk két numerikus paramétert, amelyek azt jellemzik, hogy az aktív régiók milyen mértékben fler- és koronakidobódás-gyanú-

sak. A két paraméter az aktív régiókon belül lévő pozitív és negatív mágneses polaritások keveredtségének mértékét határozza meg. Az analízis szerint a flerek több mint 60 százaléka azokban a foltcsoportokban jelenik meg, amelyek közel vannak az aktív hosszúsághoz.

Csillag- és bolygókeletkezés, az intersztelláris anyag fizikája

A HBC 722 (V2493 Cyg) egy 2010 óta kitörésben lévő fiatal, eruptív, FU Orionis típusú csillag, a szokásosnál kisebb kitörésbeli luminozitással. Tanulmányoztuk az objektum optikai és infravörös fénygörbéit, és egy akkréciós koronggal modelleztük a spektrális energia eloszlását a kitörés során különböző időpontokban. Megvizsgáltuk a csillag spektrális tulajdonságainak fejlődését is új optikai és közeli infravörös spektrumokat felhasználva, és korábbi spektrumokkal összevetve. Közvetlen képet készítettünk a HBC 722 környezetéről milliméteres hullámhosszakon. Azt találtuk, hogy a kitörés első csúcsát 2010 szeptemberében a rendszer belső részeinek akkréciós rátájában bekövetkező növekedése okozta. Ezután egy hosszabb időskálájú folyamat következett, amelynek során a fényesedés oka a növekvő akkréciós ráta és a sugárzó terület növekedése volt. A HBC 722-t ugyan nem sikerült kimutatnunk a milliméteres kontinuumban, de felfedeztünk körülötte egy molekuláris gázból álló, lapult struktúrát.

A Naprendszerünk környezetében fellelhető fiatal csillagok jelentős része különböző mozgási halmazokhoz tartozik. Ezen csillagok kormeghatározása jóval pontosabb, mint az egyedi mezőcsillagoké, így ezek ideális, közeli célpontjai a csillagok, illetve a csillag körüli korongok korai fejlődését vizsgáló kutatásoknak. Egy, a Herschel-űrtávcsővel távoli-infravörös hullámhosszakon végzett felmérésben öt különböző fiatal halmaz 31 tagjánál kerestünk törmelékkorongokat. Hat célpontnál találtunk csillag körüli port, négy esetben ez teljesen új felfedezés. Az új adatbázist korábbi irodalmi adatokkal kombinálva megvizsgáltuk a kiválasztott mozgási halmazok Naphoz hasonló csillagai körül a törmelékkorongok gyakoriságát és jellemző tulajdonságait. A HD 38397 és HD 48370 jelű, Naphoz nagyon hasonló fiatal csillagok körüli korongokat sikerült felbontani a Herschel 70 μm -es felvételein.

A Lynds 1340 közepes tömegű csillagkeletkezési régiót vizsgáltuk optikai és infravörös hullámhosszakon. Az SDSS adatokból létrehozott új extinkciós térkép ritka, erősen fragmentált szerkezetű felhőt mutat. A felhő becsült tömege mintegy 3700 naptömeg, a felhőben született legnagyobb tömegű csillag körülbelül 5 naptömegű. Revideáltuk a felhő távolságát is. Hetvenöt $\text{H}\alpha$ -emissziós csillagot találtunk, amelyek közül 58 nem szerepelt korábbi felmérésekben. Meghatároztuk a csillagok spektrálisenergia-eloszlásait, és

fősorozat előtti fejlődési modellek segítségével a tömegeiket. Több esetben többes protocsillag-rendszereket, és új Herbig–Haro-objektumokat találtunk, illetve meghatároztuk azok gerjesztő forrásait. A csillagkeletkezés határfoka az új felmérés alapján mintegy 3%. A sűrű gáz és a fiatal csillagok eloszlásának vizsgálata azt sugallja, hogy a Lynds 1340-szerű csillagkeletkezési régiók különösen rövid élettartamúak.

Megvizsgáltuk a Wide-Field Infrared Survey Explorer űrtávcső AllWISE elnevezésű katalógusát, és fiatal csillagszerű objektumokat (YSO) azonosítottunk. A többdimenziós adat-teret egy kifinomult statisztikai módszerrel, a tartóvektor-géppel (SVM) tártuk fel. Egy új, teljes égboltot lefedő, 133 980 fiatal csillagszerű objektum-jelöltet tartalmazó katalógust készítettünk. A YSO-k eloszlása a Taurus–Auriga–Perseus területen jól korrelál a Planck-űrtávcső által detektált hideg felhőmagok eloszlásával.

Exobolygórendszerek

Kiszámoltuk, hogy milyen pontosságú mérések kellenek ahhoz, hogy a jeges exoholdak okkultációját fotometriai mérésekkel meg lehessen figyelni. Sikeres mérések esetén az exohold visszavert fénye elkülöníthető, és az exohold méretének ismeretében annak albedója becsülhető. A magas albedóérték felszíni vízjégre utalhat. Megmutattuk, hogy a vörös törpecsillagok ígértebb célpontok a Naphoz hasonló csillagoknál, és hogy a közeli-infravörös J sávban érdemes méréseket végezni, ám ezek a megfigyelések még a következő generációs űrteleszkópok számára is kihívást jelentenek.

HATNet és $K2$ adatok felhasználásával megvizsgáltuk azt a kérdést, hogy lehet-e növelni a jeldetektálás hatékonyságát egy olyan modell alkalmazásával, amelyben a jel minden összetevőjét (korrelált zaj és a valós jel) egyszerre illesztjük az adatokhoz (korábbi szerzők néhány munkája azt sugallta, hogy ezáltal növekedhet a detektálás valószínűsége). Meglepő módon azt tapasztaltuk, hogy a tradicionális megközelítés (szisztematikus zajszűrés először, majd pedig jelkeresés) szignifikánsan jobb eredményre vezet, mint a teljes modell egyidejű illesztése. Ez azzal magyarázható, hogy a szisztematikusok által dominált esetekben a teljes modell alkalmazása nem teszi lehetővé a valós jel és a szisztematikusok hatékony szétválasztását, mert utóbbiak egy része jelként értelmeződik a modell illesztésénél.

A Naprendszer égitestjei

Átfogó vizsgálattal elemeztük a második legtávolabbi Neptunuszon túli objektum, a (225088) 2007 OR₁₀ hősugárzási és forgási adatait. Az analízis során $K2$ optikai adatokra, illetve a Herschel-űrtávcső távoli-inf-

ravörös adataira támaszkodtunk. Eredményeink azt mutatják, hogy ez az objektum nagyobb és sötétebb felszínű annál, mint ahogyan korábban gondolták. Nevezetesen, az általunk megállapított átmérő 1535 km-nek adódott, ami ezt az égitestet a három legnagyobb Neptunuszon túli objektum közé emeli. Ehhez az átmérőhöz tartozó fényvisszaverő képesség mértékére 8,9%-ot kaptunk. Az optikai fénygörbe további analízise alapján az égitest forgási periódusa 44,81 óra. Ezt a forgási periódust csak néhány hasonló dinamikai osztályú égitest múlja felül. Az objektum alakja mérete és forgása alapján legvalószínűbben egy MacLaurin-ellipszoid, azaz ezen fénygörbeváltozásokat a különböző fényvisszaverő képességű felszíni struktúrák okozzák. Az eredményeinket a NASA is méltatta: ehhez a kutatáshoz kapcsolódó hír a szervezet fő weboldalán is elérhető volt.

Megvizsgáltuk az elmúlt másfél évtizedben Piszkéstetőről észlelt ötven hosszú periódusú üstökös aktivitását, illetve aktivitásuk változását. Jelenlétük különbséget találtunk a dinamikailag új és a visszatérő üstökösök között. Az Oort-felhőből származó vándorok aktivitása sokkal intenzívebb, akár 3-4-szer nagyobb, kómájuk is sokkal szimmetrikusabb, ami izotrop anyagkiáramlásra utal. A visszatérő kométák ezzel szemben jóval aszimmetrikusabb kómával jellemezhetők, a felületi fényesség meredekség-paraméter értéke esetenként negatív, ami hirtelen kitérésekre, az anyagtermelés gyors változására utal. A vizsgált égitestek morfológiai megjelenése változatos, gyakran jól fejlett porcsóvát mutatnak, de ez nem korrelál az üstökösök abszolút fényességével.

Új modellt dolgoztunk ki a Mars cirkumpoláris vidékein tavasszal megjelenő folyásnyomokra, amely kompatibilis a megfigyelésekkel és az elméleti ismeretekkel. Eszerint az ősszel a légkörből lerakódó por alkotta laza rétegben fellépő napi ciklusú hőtágulások feszültség képes lehet annyira összekavarni a szemcsék és a jég együttesét, hogy a szemcsék felületén megjelenő mikroszkopikus folyékony réteg az egész anyagghalmazt meggyengíti, amely folyásos kinézetű mozgást kezd. Új felvételek elemzésével rámutattunk, hogy a CO₂-jégtakaró alól előtörő gázkifúvásos jelenség során a felszínre hullott kőzet szemcsék vízzel vannak beborítva, és jelentősen megemelik a helyi H₂O-koncentrációt, meghozza a kifúvás lerakódásának térbeli jeleget szerint.

A Rosetta üstökösprogram során a naprendszer kutatás történetében először vált lehetővé egy üstökös mag közvetlen és hosszú időtartamú részletes vizsgálata, ami lehetőséget ad az üstökös mag felszíni részletei, belső szerkezete és az aktivitási mechanizmusának megismerésére. A 67P/Churyumov–Gerasimenko-üstökös magjának színében napi változá-

sokat sikerült kimutatni, ami a vízjég szublimációjának és rekondenzációjának a következménye. Több, mintegy 1500 négyzetméteres, jégben gazdag foltokat találtunk, amelyek körülbelül 10 nap alatt eltűntek. Mindez a mag nagy skálájú heterogenitását mutatja.

Nukleáris asztrofizika

A korai Naprendszer protongazdag radioaktív atommagjait vizsgáltuk. Az ilyen atommagok forrásainak azonosításával távolabbi események időpontjait tudjuk meghatározni a Naprendszer születése előtti időszakban, és független megszorítások tehetők arra a molekulafelhőre nézve, amelyből a Nap született.

Két független vizsgálat keretében számolt atommag-keletkezési rátákat publikáltunk: az elsőt az aszimptotikus óriáság csillagainak összetételére, amelyben először vettük figyelembe a Napnál magasabb fémtartalmú modelleket. A másodikban olyan modelleket számoltunk – szintén elsőként –, amelyekben aszimptotikus óriásági és nagy tömegű csillagok is szerepeltek. Ezek a mennyiségek segítenek megérteni a csillagszél és a szupernóva-robbanások hatását a kozmosz kémiai evolúciójára. Közzétettük egy új típusú neutronbefogási folyamat első modelljeit, amelyeket különböző módszerekkel számoltunk, és amelyeket alacsony fémtartalmú haló-csillagok megfigyeléseivel is összehasonlítottunk. Megtaláltuk a folyamat nyomait a spektroszkópiai megfigyelések adataiban, ami azt jelzi, hogy pontosabb modellek szükségesek a folyamat jobb megértéséhez és csillagon belüli lokalizálásához.

A Naprendszerben a vasnál nehezebb elemek kis hányada protonban gazdag atommagokból áll, ezek az úgynevezett p-magok. Ezek keletkezése a nukleáris asztrofizika egyik legnagyobb kihívása. A p-magok fontos információt hordoznak a szupernóva-robbanások során lezajló nukleoszintézisről. Keletkezésükre a legelfogadottabb forgatókönyv a γ -folyamat, amelynek során nehezebb elemekből fotodezintegráció révén keletkeznek. Kutatóink leírták a γ -folyamatban létrejövő nehéz, protongazdag izotópok keletkezését, és a legmodernebb kísérleti eredmények felhasználásával feltárták a csillagokban működő nukleoszintézis folyamatait.

Laboratóriumi asztrofizika

Optikai, infravörös és Raman-módszerekkel laboratóriumi vizsgálatokat, valamint Magyarországon és Marokkóban terepi kutatómunkát végeztünk az ExoMars rover számára a folyóvíz és a szél szállította homokfrakciójú szemcsék elkülönítésének megkönnyítésére. Folytattuk marsi

meteoritok (Nakhla, Governador Valedares, Lafayette) laboratóriumi elemzését is. A munka keretében másodlagos ásványokat azonosítottunk a meteoritokban.

Műszerfejlesztés

Jelenleg a Légyszem-kamerarendszer a Piskéstetői Observatóriumban, a számára épített termikusan stabilizált burkolatban található, és autonóm méréseket végez, amikor az időjárási feltételek megfelelőek. Ennek eldöntése valós idejű időjárásadatokon alapul. Bemutattuk, hogy az általunk választott optikai rendszerrel a fényességmérés pontossága eléri a millimagnitúdós szintet fényes csillagokra, míg halvány forrásokra 15 magnitúdós határfényesség is elérhető az r sávban. A fő cél, hogy a Sloan-fotometriai rendszerben folyamatos többszín-fotometriai adatsorokat biztosítsunk számos csillagászati jelenségről a naprendszerbeli objektumoktól az aktív csillagok és a fedési exobolygók fényváltozásain át fényes extragalaktikus kitörésekig. A kamerarendszer kiegészítő adatsorokkal fog hozzájárulni a nagy szinoptikus felmérésekhez (például LSST), mivel ezen eszközök szaturációs határa közel van a Légyszem által még megfigyelhető halvány objektumok látszó fényességéhez.

Párbeszéd a tudomány és a társadalom között

A csillagászat azon kevés természettudományok egyike, amelyre a szélesebb közvélemény is figyel. Eredményei rendre megjelennek a nyomtatott és elektronikus sajtóban. Az érdeklődés fenntartásában, az új eredmények szélesebb megismertetésében és a külföldi szakmai eredmények szakszerű tolmácsolásában az intézet kutatói tudatosan és nagy elkötelezettséggel vesznek részt. Ennek szellemében (1) folytattuk a csoportvezetéssel összekötött rendszeres nyitva tartást a Piskéstetői Observatóriumban; (2) vezettük a www.csillagaszat.hu csillagászati híroldalt; (3) távcsöves bemutatót tartottunk a Merkúr-átvonulás napján (2016. május 9.); (4) utazó planetáriummal és előadásokkal vettük részt a Természettudományi Múzeumban rendezett Földtudományi Forgatagon. Folytattuk az ismeretterjesztő és sajtóbeli megjelenéseket (évente százas nagyságrendben ismeretterjesztő előadások tartása, riportok, interjúk). Speciális szaktudást igénylő szakértői feladatokat is elláttunk (például bírósági ügyekben).

Hazai és nemzetközi kapcsolatok, pályázatok

Hazai kapcsolatok

A beszámolási időszakban rendkívül eredményes intézményi kapcsolatokat tartottunk fent hazai csillagászati kutatóhelyekkel: ELTE Csillagászati Tanszék, Szegedi Tudományegyetem, Bajai Csillagvizsgáló, ELTE Komplex Rendszerek Fizikája Tanszék, ELTE szombathelyi Gothard Asztrofizikai Observatóriuma, Nyugat-Magyarországi Egyetem és a debreceni Atommagkutató Intézet. A beszámolási időszakban is részt vettünk az egyetemi oktatásban és a doktori képzésben, meghirdetett előadásokkal, gyakorlatok tartásával, szakdolgozati, tudományos diákköri és doktori témavezetéssel. A 2016-os tanévben az alábbi kurzusokat tartottuk, illetve vettünk részt előadásokkal. ELTE: *A Mars földrajza és geológiája; Asztrostatisztika I–II.; Az asztrofizika megfigyelési módszerei; Bevezetés a csillagászatba; Csillagászati műszertechnika; Csillag körüli korongok fejlődése; Csillagászati észlelési gyakorlatok; Csillagok világa; Galaktikus csillagászat; Obszervációs csillagászat; Pulzációelmélet; A Naprendszer peremén; Űrfotometria.* DE: *Bevezetés a csillagászatba, SZTE: Pulzációelmélet; Űrcsillagászat; Csillagászzottörténet; Elméleti asztrofizika; Csillagászati spektroszkópia; Galaktikus csillagászat.*

Nemzetközi kapcsolatok

Tovább folytattuk gyümölcsöző nemzetközi együttműködéseinket a CoRoT, Herschel, Gaia, KASC, TASC, CHEOPS, PLATO, LUNA, JINA, JUNA, Rosetta, HATNet, Matisse, MIDI projektekben. 2016-ban is számos esetben sikerült elnyerni észlelési időt csillagászati nagyműszerekre (APEX, ALMA, Subaru, IRAM, K2, Spitzer, ESO VLT, VLA, WHT) nemzetközi együttműködésben.

Rendezvények, mobilitás

Az év során több jelentős hazai és külföldi találkozó és szakmai workshop megrendezésében vettek részt az intézet kutatói: *PACS Photometer Workshop*, (MTA CSFK CSI 2016. február 15–17.); *From star and planet formation to early life* konferencia (Vilnius, Litvánia, 2016. április 25–28.); *Hungary and the European Southern Observatory* ülésszak (MTA CSFK CSI, 2016. június 1.); *Young eruptive stars* mini-workshop (MTA CSFK CSI, 2016. június 1–3.); *Episodic accretion in star formation* European Week of Astronomy and Space Science (Athén, Görögország, 2016. július 4–8.); *Konkoly Spektroszkópai Nyári Iskola* (MTA CSFK CSI, 2016. július 18–22.); *The XII Torino workshop and IV CSFK Astromineralogy workshop* (Budapest,

2016. július 31. – augusztus 5.); *Blowing in the wind* konferencia (Quy Nhon, Vietnam, 2016. augusztus 7–13.); *ELFT Fizikus Vándorgyűlés* (Szeged, 2016. augusztus 24–27.); *Missing links from disks to planets* (MTA CSFK CSI, 2016. október 10–13.); *STFC Advanced Summer School in Solar System Physics* (Sheffield, Egyesült Királyság, 2016. szeptember 4–9.); *Emlékezés Konkoly Thege Miklós tiszteletére, halálának 100. évfordulója alkalmából* (MTA, Budapest, 2016. november 7.).

Az intézet kutatói több hosszabb tanulmányutat tettek a Bécsi Egyetemen (Ausztria), a Sheffieldi Egyetemen (Egyesült Királyság), a Heidelbergi Elméleti Asztrofizikai Intézetben, (Németország), az IPAC/Caltech intézetben (Egyesült Államok), a granadai Instituto de Astrofísica de Andaluciában (IAA-CSIC, Spanyolország), a Cambridge-i Egyetemen (Egyesült Királyság), a Bordeaux-i Observatóriumban (Franciaország), Puerto Varasban (Chile), a Leibniz Asztrofizikai Intézetben (Potsdam, Németország), a Leideni Observatóriumban, a Leideni Egyetemen és a Leideni ALMA Regionális központban (Hollandia), az MPI für Extraterrestrische Physik és Astronomie intézetekben (Heidelberg, Németország), az MPI für Radioastronomie-ban (Bonn, Németország), a nizzai Côte d’Azur Observatóriumban (Franciaország) és a Zürichi ETH-n (Svájc). Vendégkutatókat fogadtak Japánból, az Egyesült Királyságból, Németországból, Spanyolországból, Ausztriából, Chiléből, Svájból, Svédországból, Franciaországból és az Amerikai Egyesült Államokból.

A 2016-ban elnyert hazai és nemzetközi pályázatok

A bevezetésben említett négy nagy összegű pályázat a következő: ERC Starting Grant SACRED 2017-22 (vezető kutató: Kóspál Á.), 425 M Ft; ERC Consolidator grant RADIOSTAR 724560, *Radioactivities from Stars to Solar Systems* (vezető kutató: Lugaro, M.) 2017-22 535 M Ft; GINOP-2.3.2-15-2016-00003 *Kozmikus hatások és kockázatok* 2016-20 (vezető kutató: Kiss L.) 941 M Ft; GINOP 2.3.2-15-2016-00033, *Tranziens Asztrofizikai Objektumok* 2017-21 (vezető kutató: Vinkó J.) 687 M Ft. A több mint 2,5 milliárd forintnyi pályázati támogatás forrása részben a European Research Council (ERC) egyéni kutatói kiválóságot támogató konstrukciója, amiben két Lendület-nyertes kutató, Kóspál Ágnes és Maria Lugaro indult sikerrel egy-egy ötéves kutatási programmal, részben pedig a magyar kormány által menedzselt Gazdaságfejlesztési és Innovációs Operatív Program (GINOP), amelyben Kiss László és Vinkó József vezetésével kapott támogatást két konzorciális projekt (az ELTE GAO és az SZTE partnerségével). Ezek a projektek a következő években alapvetően meg fogják határozni az intézetben folyó kutatások irányait.

További, kisebb volumenű pályázati sikereink 2016-ban: European COST Action Proposal OC-2016-1-20829 *ChETEC: Chemical Elements as Tracers of the Evolution of the Cosmos* (alelnök: Lugaro, M.) 2017-21 186 M Ft; H2020 Opticon No. 730890 *Optical Infrared Coordination Network for Astronomy* 2017-20 (vezető kutató: Ábrahám, P.) 44,74 M Ft; NKFIH K-119993, *Örvénykeltette bolygókeletkezés*, 2016-19, (vezető kutató: Regály Zs.) 9,552 M Ft; MTA Infrastrukturális pályázat, *3D numerikus asztrofizika labor* (vezető kutató: Regály Zs.) 32,5 M Ft; COOP-NN-116927 *Marsi üledékes képződmények vizsgálata földi analógiák alapján és kapcsolódás európai űrprogramhoz* 2016-19 (társkutató: Kereszturi Á.) 2,9 M Ft; *Mars analogue drills and laboratory analysis at dry, salty terrains to support ExoMars rover's activity, workflow optimization and later interpretation* (vezető kutató: Kereszturi Á.) (EuroPlanet 2020 RI TA, 10586 projekt) 915 E Ft; OMAA pályázat *Stellar Pulsation in 1-2-3 Dimension* (vezető kutató: Kovács G.) 2061 E Ft; OMAA pályázat *Charakterisierung des Welt-raumwetters in extra-solaren* (vezető kutató: Vida K.) 2442 E Ft; OMAA pályázat, *Selbstkonsistente Modellierung der Entstehung und Evolution von Planeten II* (vezető kutató: Regály Zs.) 1,823 M Ft.