

# **SZABÓ RÓBERT – KISS L. LÁSZLÓ**

## **Az MTA CSFK Csillagászati Intézetének 2015. évi tevékenysége**

Az MTA CSFK Csillagászati Intézete létszámát tekintve a magyar professzionális csillagászat legnagyobb intézménye. A beszámolási időszakban munkatársainak száma 75 volt, akik közül 43 dolgozott kutatói besorolásban (18 PhD/kandidátus, 10 MTA doktora és 1 akadémikus, 3 professzor emeritus/emeryta). Az intézetben a fő tevékenység, az alapkutatás mellett jelentős műszerfejlesztés is folyt. Kihaszználva a Csillagászati és Földtudományi Kutatóközpont (CSFK) nyújtotta interdiszciplináris lehetőségeket, újdonságként a laboratóriumi asztrofizika is megjelent a kutatási területeink palettáján. Emellett munkatársaink a felsőoktatásban egyetemi oktatóként és témavezetőként is tevékenykedtek, és jelentős részt vállaltunk a tudományos eredmények minél szélesebb közönséghez történő eljuttatásában. Zavartalan működésünket részben az Akadémiától kapott költségvetésből, részben saját pályázati bevételekből biztosítottuk.

### **Új tudományos eredmények**

#### **A csillagok belső szerkezete és pulzációja**

Továbbra is aktív – egyes területeken vezető – szerepet játszottunk a Kepler-űrtávcső adatainak feldolgozásában. A Kepler misszió meghosszabbítását jelentő K2 ekliptikai megfigyelési program első tesztmérése során 33 RR Lyrae csillagot figyelt meg a szonda 9 napon át. A minta mindegyik RR Lyrae altípust tartalmazta, és ezek közül most először sikerült a Keplerrel megfigyelni kétmódusú, illetve modulált első felhangú csillagokat. Mindegyik altípusban kimutattunk kis amplitúdójú további pulzációs módusokat, illetve meghatároztuk a csillagok fémtartalmát. A K2-E2 adatok megerősítették, hogy a néhány éve felfedezett rejtélyes, körülbelül 0,61 periódusarányú módus mindegyik normál első felhangú és kétmódusú csillagban jelen van.

A K2 misszió első tudományos kampánya során a Lokális Halmazba tartozó Leo IV törpegalaxis is a látómezőbe esett. A galaxisban található három ismert RR Lyrae csillag fényváltozásait mértük ki sikerrel, ezzel pedig az eddigi legtávolabbi és leghalványabb pulzáló változókat detektáltuk az űrtávcsővel. A folytonos adatsor az egyik csillagban 30 napos, egy továbbiiban pedig vélhetően hosszabb távú Blazskó-effektust fedett fel. Jelenleg ezek a legtávolabbi RR Lyrae csillagok, amelyek modulációjáról részletes adatokkal rendelkezünk. Meghatároztuk a csillagok fotometriai fémességét is, és eredményeink megerősítették, hogy a Leo IV igen fémszegény galaxis.

Az M3 gömbhalmazban szintén felhangban és több módusban pulzáló RR Lyrae csillagokat vizsgáltuk a piszkéstartói Schmidt-távcsővel gyűjtött, 200 napot lefedő  $BVI_c$  fotometriai adatsor segítségével. Az 52, egyöntetűen felhangban pulzáló változó 70%-a mutat valamilyen multi-periodicitást (Blazskó-effektust, két- vagy több módusú pulzációt vagy perióduskettőződést). A V13 jelű kétmódusú csillagban az alapmódus mellett egy további frekvenciakomponenst mutattunk ki, amely a második felhangként értelmezhető. A Blazskó-effektus, illetve az első felhanggal 0,61-es frekvenciaarányt mutató  $f_x$  komponens, (esetleg mindkettő) hét kétmódusú csillagban van jelen. A modulált kétmódusú csillagok periódusaránya eltér a szokásostól. Három Blazskó-csillag esetében a fundamentális pulzációs frekvenciának a modulációs frekvenciával, vagy annak felével való eltolódását figyeltük meg, az első felhang megjelenésével párhuzamosan.

Szintén a Kepler-űrtávcső adataira alapozva vizsgáltuk az átvonulásokra hasonlító fedéseket is mutató KIC 9533489 jelű  $\gamma$  Doradus –  $\delta$  Scuti hibrid-jelölt csillagot. Elemeztük a pulzációs frekvenciák és periódusok szabályosságait, illetve spektroszkópiai megfigyelések segítségével meghatároztuk a csillag főbb fizikai paramétereit. Modelleztük a tranzitjelenségeket is. Ennek alapján úgy tűnik, hogy többes csillagrendszerrel van dolgunk. A pulzáló objektumon kívül azonos irányban látszik egy halványabb csillag, egy (nem látható) G, vagy K színképtípusú csillag, és egy kicsi vagy halvány objektum, ami a G-K csillag körül kering. Ez utóbbi felfűvódott exobolygó vagy kis tömegű csillag lehet.

A piszkéstartói Schmidt-teleszkóppal felfedeztünk egy ritka fedési kettőst, amelynek komponensei egy O színképtípusú, forró szubtörpe és egy vörös törpecsillag. Ez utóbbit erősen besugározza a forró főkomponens. A keringési periódus 4,3 óra, a fedési mélység több mint 5 magnitúdó, ez az eddig ismert legmélyebb a hasonló rendszerek közül. Kis és közepes felbontású spektrumok segítségével meghatároztuk a komponensek fizikai

paramétereit. A színképekben a H és He II forró komponenstől származó abszorpciós vonalai, valamint a besugárzott kísérőtől származó, fázisfüggő emissziós vonalak uralkodnak. A fotometriai adatokban nem látszik a főkomponens pulzációjára utaló jel, a H $\alpha$ -szűrős képek pedig nem mutatják jelét planetáris ködnek.

Nyolc nyílthalmazban vizsgáltuk a csillagok szín–forgási periódus–kor összefüggéseit fotometriai mérések alapján. Megmutattuk, hogy a fejlődési modellekből a halmazokra kapott korok szorosan korrelálnak azzal a perióduseltolódással, amelyik a halmazok szín – forgási periódus diagramjait optimális módon transzformálja egymásba. Ezzel a transzformációval szemben az általánosan használt, a kor négyzetgyökével arányos Skumanich típusú transzformáció szisztematikus eltérésekhez vezet, emiatt az abból levezetett csillagkorok is torzulnak. Az új összefüggést alkalmaztuk a galaktikus mező csillagaira publikált adatbázisokra, és azt találtuk, hogy a mezőcsillagok forgási sebessége jóval lassabban csökken, mint a hasonló korú halmazbeli csillagoké.

Megmutattuk, hogy lassúneutron-befogó folyamatokkal nem magyarázható a Magellán-felhőkben az aszimptotikus óriásági (AGB) állapot utáni fejlődési fázisban található úgynevezett poszt-AGB csillagok ólomhiányt mutató elemgyakorisága. Kidolgoztunk egy olyan magyarázatot, amelyik a lassú- és gyorsneutron-befogó folyamatok közötti neutronűrűséget tételez fel, és gyakori lehet kis tömegű, fémszegény AGB-csillagokban. A magas héliumtartalom hatását vizsgáltuk közepes tömegű AGB-csillagok fejlődése és nukleoszintézise szempontjából. Az eredmények arra utalnak, hogy a lassú neutronok befogásából keletkező kémiai elemek gyakorisága kisebb lehet a korábban gondoltnál, ami megmagyarázhatja az  $\omega$  Cen gömbhalmaz csillagainál tapasztalt anomális kémiai elemeloszlásokat.

### Aktív jelenségek csillagokon

Egy másik intenzíven kutatott téma intézetünkben a csillagok mágneses jelenségei, illetve aktivitásuk. A dinamómechanizmus tanulmányozásához a  $\sigma$  Gem jelű csillagot vizsgáltuk, ez egy hosszú periódusú, RS CVn-típusú kettős rendszer K1 óriáskomponenssel. A felszíni foltok mozgásaiából következtettünk a differenciális rotációra. Régi, újrafeldolgozott és még publikálatlan idősoros Doppler-képek felhasználásával – a korábbi eredményekkel összhangban – azt kaptuk, hogy a csillag differenciális rotációja antiszoláris jellegű, a korábbi értékeknél pedig erősebb felszíni nyírás adódott. Sikerült megerősíteni egy pólusirányú globális áram jelenlétét, amely megfelel a dinamóelmélet előrejelzéseinek. A  $\sigma$  Gem-et és

hasonló rendszereket a CHARA interferométerrel is megfigyeltük, ezáltal sikerült kimutatni az óriáskomponensek ellipszoidális torzultságát, illetve a másodkomponenseket.

A késői típusú aktív FK Comaen vizsgáltuk a fotoszféra és a kromoszféra kapcsolatát felhőmérséklet-modellezéssel, fénygörbe-inverzióval és 1997–2010 közötti  $H\alpha$ -adatok elemzésével. Az alacsony felbontású  $H\alpha$ -adatok alapján a változások főként néhány órás időskálán történnek. A nagy felbontású  $H\alpha$ -adatok alapján azt állapítottuk meg, hogy a kromoszférában gyakran találhatóak protuberanciák, amelyek több mint egy csillagsugár méretűek, és az élettartamuk több hét is lehet. Ezek egyes esetekben kapcsolatot mutattak a fotoszféra sötét foltjaival. A csillagnak egy rendkívül nyugodt állapotát figyeltük meg 2009–2010-ben, amelyet nagyon gyenge kromoszférikus aktivitás és alacsony foltkontraszt jellemez – ez az aktivitás hosszú távú csökkenésére utalhat.

Analizáltuk körülbelül 18 ezer K és M csillag Kepler-adatait, ezek közül úgy találtuk, hogy 500-nak a forgási periódusa rövidebb mint két nap. Közülük mintegy ötven mutatott két vagy több, nem összemérhető periódust. Megvizsgáltuk azt az eljárást, amellyel meg tudtuk különböztetni a rotációs modulációt a másféle, például pulzációs eredetű vagy kettősség okozta fényváltozástól. Úgy találtuk, hogy ezek a többszörös periódusok egymástól függetlenek, és valószínűleg különböző, de fizikailag egymáshoz kötött csillagokhoz tartoznak. Az elképzelést direkt módon teszteltük a UKIRT-távcső felvételein, illetve adaptív optika felhasználásával készült képeken, valamint idősoros Fourier-analízissel és az adatok pixelszintű feldolgozásával. Az eredmények fontosak lehetnek a gyorsan forgó K- és M-törpecsillagok között előforduló kettőscsillagok felfedezésében.

### Napaktivitás

A Nap felszínén található aktív régiók tengelyének iránya eltérést mutat a heliografikus kelet–nyugat irányhoz képest, olyan dőlésszöggel, amelynek az átlagos nagysága a szélességgel nő (Joy-szabály). Az effektus vizsgálata foltcsoportok fehér fényben készült észlelésein, vagy magnetogramok alapján történik. A történeti fehér fényű Mount Wilson-i (MW) adatokból meghatározott foltcsoport-dőlésszögek kisebbek és kevésbé meredeken növekszenek a szélességgel, mint a mágneses adatokból származtatott szögek. Az effektust a debreceni fotoheliografikus adatok foltcsoport-dőlésszögeinek és a MW-magnetogramok alapján mért dőlésszögek összehasonlításával tanulmányoztuk és erősítettük meg. Különböző módszereket és szűrési feltételeket találtunk, amelyekkel javítani lehet az adatok minőségén. Megmutattuk, hogy a javított adatokkal a Joy-szabály

platót mutat az aktivitási zóna közepes szélessége körüli tartományban. Ez arra utalhat, hogy a jelenség finomszerkezetéhez egy eddig ismeretlen tényező is hozzájárulhat.

Továbbfejlesztettük a 2014-ben publikált flerelőrejelző módszert. A súlyozott horizontális mágneses gradiens módszer az egész neutrális vonal közeli környéken jelen levő napfoltokat figyelembe veszi egy aktív régióban. Az új metódus követi a közeli ellentétes polaritású napfoltok között a horizontális mágneses fluxus gradiensének időbeli fejlődését a flert megelőzően fotoszferikus szinten. A módszer ezenkívül alkalmas arra, hogy becslést adjon a várható nagyobb napkitörések intenzitására, a várható esemény idejére és arra, hogy a rá következő 18 órában várható-e még nagyobb eruptív esemény. Több más módszert is teszteltünk a NOAA 10486 aktív régió esetében, hogy megtaláljuk azokat a dinamikai és fizikai jellemzőket, amelyek alapján előre jelezhető egy napkitörés.

Elméleti úton tanulmányoztuk a szoláris atmoszférafűtés folyamatait, különös tekintettel a nanoskálán végbemenő magnetohidrodinamikai átkötődési fűtési folyamatokra és kilövellésekre. Új elméletet dolgoztunk ki a Nap belseje és légköre közötti mágneses csatolódás magneto-szeizmológiai vizsgálatára. Ez a globális szoláris oszcillációk és a mágneses struktúrák közötti kölcsönhatás tanulmányozásában is fontos lesz. Numerikusan, valamint földi és űreszközökkel is vizsgáltuk a Nap atmoszférájához kötődő energetikus folyamatokat. A lokális helioszeizmológia gyűrűdiagram módszerével vizsgáltuk a Nap felszíne alatti sekély plazmaáramlásokat. Ezek az áramlások több naprotáció során fennmaradnak. A munka során a GONG és az SDO Doppler és mágneses méréseit használtuk. A hosszú életű plazmaáramlások keresztkorrelációjával a Nap differenciális rotációját vizsgáltuk, ez jól egyezik a felszínközeli globális helioszeizmológiából kapott rotációs profillal.

### **Csillag- és bolygókeletkezés, az intersztelláris anyag fizikája**

Az EX Lup fiatal eruptív csillag optikai színeképét tanulmányoztuk a FEROS/HARPS öt évet lefedő mérései alapján. Célunk az akkréciós szerkezetek vizsgálata és a korábban felvetett közeli kísérő hipotézis ellenőrzése volt. A színeképben sok az emissziós fémvonal, amelyek vonalprofilja egy keskeny és egy széles komponens kombinációja. Mindkét komponens periodikus változásokat mutat, ami forgási modulációval magyarázható. Megmutattuk, hogy a forgással modulált vonalprofil-torzulás magyarázatot adhat a mért radiálissebesség-változásokra, így a közeli kísérő feltételezése nem feltétlenül szükséges. Érdekes, hogy az akkréciós geometria

szinte rögzítve van a csillaghoz, és stabil a megfigyelt időszak alatt. Ha ez más fiatal csillagokban is így van, az nagyon megnehezíti kísérők keresését fiatal csillagok körül a radiális sebesség módszerével.

Az Európai Déli Observatórium legújabb nagy kontrasztú és szögfelbontású berendezése, a SPHERE tesztidőszakában vizsgáltuk a T Tauri rendszert. A cél a fiatal objektum jelenleg elérhető legnagyobb szögfelbontású felvételeinek elkészítése volt a közeli-infravörös tartományban, amellyel a komponensek időbeli fejlődését vizsgáltuk, és elvégeztük a rendszert alkotó komponensek pályaszámítását is. A korábbi ismert objektumok mellett egy új pontforrást is azonosítottunk, ami a mérések szerint szintén a rendszerhez tartozhat.

A fiatal csillagok körül létrejövő bolygókezdemények folyamatos eróziója nyomán alakulnak ki a port tartalmazó törmelékkorongok. A Herschel-űrtávcsövet használva sikerült 11 fiatal törmelékkorongot távoli-infravörös hullámhosszakon térben feloldanunk, ezáltal meghatározva méretüket. A korong mérete fontos információt hordoz annak dinamikai folyamatairól. A mérésekből négy korongnál valószínűsíthető, hogy egy óriásbolygó hatása állhat a megfigyelhető struktúra mögött. Korábbi mérésekből ismert, hogy mindegyik esetben van is a rendszerben ilyen bolygó. A felfedezés azzal kecsegtet, hogy a masszív, kiterjedt törmelékkoronggal körülvett fiatal rendszerekben adaptív optikai képalkotó rendszerekkel újabb bolygókat lehet majd kimutatni. A jelenlegi paradigma szerint a törmelékkorongok csak kevés gázt tartalmaznak, a legújabb megfigyelések azonban számos 10-40 millió éves rendszerben mutatták ki molekuláris vagy atomos gáz jelenlétét. Az APEX és az IRAM rádióteleszkópok felhasználásával 20 fényes törmelékkorongban kerestünk szén-monoxid-molekulákat. Az egyik célpontnál (HD 131835) egy új, gázt is tartalmazó törmelékkorongot találtunk. A korongot a Herschel-űrtávcsővel készült távoli-infravörös képeken sikerült részlegesen feloldani és becslést adni a méretére. A következő lépés a HD 131835 körüli gáz eredetének meghatározása lesz.

### **Exobolygórendszerek**

Összesen nyolc exobolygót tartalmazó rendszert fedeztünk fel a HATNet segítségével. A precíz utóvizsgálatok eredményeként a leszármaztatott bolygóparaméterek többségének hibája csupán 10%-os, vagy kisebb. Két rendszer a K2-misszió már megfigyelt területére esik. A HAT-P-54b egy forró jupiter, ami egy K törpe körül kering. A HAT-P-56b egy F-típusú csillag körül keringő 2,2 jupitertömegű bolygó, közel súroló tranzitokkal. A HAT-P-57b a forró A és F csillagok körül keringő kevés ismert

bolygó egyike. Doppler-tomográfia módszerével ellenőriztük a bolygó jelenlétét. Becslést adtunk a bolygópálya impulzusmomentum-vektorának és a csillag forgástengelyének irányára, a kettő eltér egymástól.

Először alkalmaztunk viszkoelasztikus árapályfűtési modellt exoholdakra, egydimenziós légköri modellel és a jégalbedő-visszacsatolás figyelembevételével. Az eredményeket összevetve a széles körben használt, rögzített Q-modellekkel arra jutottunk, hogy az új modell valószínűbben írja le az égitest árapályfűtését, mivel figyelembe veszi a viszkozitás és a nyírási modulus hőmérsékletfüggését, valamint a hold belsejében a kőzet részleges vagy teljes olvadását is leírja. A belső fázisátalakulás miatt a hőmérséklet nem szalad úgy meg, mint a rögzített Q-modellek esetén. Ez eredményezi azt, hogy az élet szempontjából kedvezőbb eredményeket kapunk: a bolygó körüli lakható zóna jelentősen szélesebb a másik modellhez képest.

Számos próbálkozás történt már exoholdak kimutatására, de az első megerősített felfedezésre még várni kell. Az eddigi tapasztalatokat azonban a jövő exobolygó-kutató misszióinak tervezésekor már figyelembe lehet venni. Az Európai Űrügynökség CHEOPS missziójának előkészítési fázisában kidolgoztunk egy mérésenkénti döntésekre épülő öntanuló eljárást, amelynek alapján meghatározható, hogy egy adott rendszerben hány mérés alapján várható a hold tényleges detektálása. Szimulált mérések alapján vizsgáltuk a hold kimutathatóságát a bolygótranzit-megfigyelésekben, különböző csillag-bolygó-hold konfigurációk esetén. Azt találtuk, hogy a kimutatási határ egy Föld méretű hold környékén van. Kedvező térbeli konfigurációk (például nagy hold és Neptunusz méretű bolygó) esetén 80%-os detektálási szint átlagosan 5-6 tranzitmegfigyeléstől várható. Kisebb holdakra a kimutatási statisztika gyorsan romlik, míg a szükséges tranzitmérések száma gyorsan nő.

### A Naprendszer égitestjei

A Rosetta-űrszonda képfelvételei alapján kimutattuk, hogy a 67P/Churyumov–Gerasimenko felszínén a gödrök aktívak, és valószínűleg a földi geológiában ismert víznyelők képződési folyamatához hasonlóan alakultak ki, ami egy felszín alatti üreg keletkezését, növekedését és a felszín közeli legfelső réteg beomlását jelenti. A gödrök azt is jellemzik, hogy a mag felszíne mennyire erodált, méretük és térbeli eloszlásuk a felszínen az üstökös-mag nagymértékű inhomogenitására utal.

Vizsgáltuk a 2013 AZ60 jelű extrém kentaur alapvető tulajdonságait, beleértve a méretét, forgási tulajdonságait és fényvisszaverő képességét, földi optikai, valamint űrbeli termális infravörös mérések segítségével. Az

objektum forgási periódusa 9,4 órának adódott, átmérője 62 km, míg felszínének átlagos fényvisszaverő képessége mindössze 3%, ezzel a legsötétebb Neptunuszon túli égitest. Elnyúlt pályája, a pálya instabilitása egy igen ősi felszínű, üstökösszerű égitestre utal, ezt a felszíni és termofizikai tulajdonságok is megerősítik. Ez a transzneptun égitest azonban nem mutat üstökösszerű aktivitást.

Annak hatását vizsgáltuk a megújult Kepler-misszió (K2) 2014 februárjában rögzített kísérleti megfigyeléseit felhasználva, hogy hogyan befolyásolja a fotometriai pontosságot, ha egy aszteroida (amiből sok várható a K2 ekliptikai területein) látszólag megközelít egy célpontcsillagot. Az eredmények alapján a K2 sok célpontja esetében jelentős hatással kell számolni a kisbolygók miatt. Ugyancsak intézetünk kutatói analizálták az első olyan Neptunuszon túli kis égitestekhez kapcsolható idősorokat, amelyeket a K2-küldetés során mértek. Magát az úttörő mérési módot is a magyar kutatók javasolták a NASA-nak. Az égitestek halványasága miatt speciális adatfeldolgozási és képátlagolási eljárásokat is használtunk. Meghatároztuk a két célpont alapvető forgási paramétereit: a 2007 JJ<sub>43</sub> esetében 12,0, míg a 2002 GV<sub>31</sub> jelű égitest esetén 29,2 órás periódust kaptunk.

Porkorong nyomait kerestük a Plútó körül a Herschel-űrtávcsővel. A távoli-infravörös tartományban készült térképek alapján a Plútó rendszerében azokat a veszélyeket vizsgáltuk, amelyek a New Horizons szondát érthették az égitest mellett elhaladva. Azt találtuk, hogy a rendszerben jelen lévő, realiztikus modellek alapján becsült por mennyisége nem jelentett veszélyt az űreszközre.

### Laboratóriumi asztrofizika

Az NWA 1364 meteoritban az általánosan jellemző gyenge átalakulás ellenére igen erős mechanikai préselés hatására kialakult, egymással párhuzamosan futó repedéseket azonosítottunk. A sokkhatásra utaló nyomok kis száma alapján kevésbé érték becsapódásos hatások a testet, ez rétegtérhelésre, irányított nyomásra utal. A repedések keletkezése után két ásványkristályosodási időszak is fellépett. A meteorit a szülőégitestnek egy olyan mélyebben lévő rétegéből származhatott, ahol becsapódásos sokkhatások már alig érződtek, ugyanakkor összenyomódás és mérsékelt újrakristályosodás lépett fel. Az NWA 6604 CK4 meteoritban a kondrumok részleges lebomlásának nyomait figyeltük meg. Az átalakulások során első lépésben opak kristályosodás, ezt követően a repedésekben Ca-gazdag anyag és opak ásványok együttes kiválása következett be jelentős térfogatú olvadékképződéssel, még később csak a Ca-gazdag plagioklász



ásványok kiválása történt, az utolsó fázisban pedig újabb repedések keletkeztek olvadék kiválása nélkül. A becsapódásos sokkhatások mellett egyéb eredetű hőhatás is fellépett, egyezésben a CV-CK kondritok szülő-égítégeinek belsejét leíró modellekkel.

## Műszerfejlesztés

A modern, számítógép-vezérelt távcsövek pontos beállításának matematikáját az úgynevezett pozicionálási modellek írják le. Ezekkel adhatjuk meg azokat a transzformációkat, amelyek megmondják, hogy milyen valós égi koordináta felel meg a távcsöveget mozgató motorok tengelyének adott szögelfordulás esetén. Kutatóink újszerű megközelítést adtak ekvatoriális vagy azimutális szerelésű távcsövek esetén alkalmazható pozicionálási modellek létrehozásához. Az általuk kidolgozott eljárás egyik előnye, hogy a modell paramétereinek meghatározását egyszerű legkisebb négyzetes lineáris illesztésre vezetik vissza. Ez a paraméterezés mentes a szingularitásoktól, azaz az égi pólusok környezetében is ugyanannyira pontos, mint máshol. A munka fontos előfeltétele volt a hexapod-alapú mozgatórendszer megalkotásának, amely a Légyszem-kamerának biztosítja az égbolt látszólagos mozgásának követését, földrajzi helytől függetlenül. Az eszköz az egyetlen jelenleg működő hexapod-alapú távcsőelem, amit optikai égboltfelmérő programokban használnak, és képes ívmásodperc alatti követési pontosságra.

## Párbeszéd a tudomány és a társadalom között

Továbbra is elkötelezetten folytattuk a csillagászat hazai és külföldi eredményeinek szakszerű ismertetését és széles körű terjesztését, valamint az ismeretterjesztő és sajtóbeli megjelenéseket (százas nagyságrendben ismeretterjesztő előadások tartása, riportok, interjúk). Utóbbiakra az aktuális események, például a Kepler-űrtávcső legújabb magyar felfedezéseihez, a New Horizons űrszonda Plútó melletti elrepüléséhez, földsúroló kisbolygókhoz, vagy éppen sarki fény jelenség megjelenéséhez kapcsolódó felfokozott érdeklődés adták az alkalmat. Speciális szaktudást igénylő szakértői feladatokat is elláttunk (például bírósági ügyekben).

A tudomány és a társadalom közötti párbeszéd szellemében (1) folytattuk a csoportvezetéssel összekötött rendszeres nyitva tartást a Piszkésteői Obszervatóriumban; (2) vezettük a [www.csillagaszat.hu](http://www.csillagaszat.hu) csillagászati

hiroldalt; (3) részt vettünk a hortobágyi ifjúsági csillagász tábor (2015. július 11–16.) szervezésében; (4) diákversenyt szerveztünk középiskolások számára (Határ a csillagos ég 2015); (5) lebonyolítottuk az ESA készülő CHEOPS űrtávcsővéhez kapcsolódó, gyerekeknek kiírt rajzpályázat hazai fordulóját; (6) járdacsillagászati bemutatót szerveztünk az MTA parkolójában a Magyar Tudomány Ünnepehez kapcsolódó Street Science eseményén (2015. november 20.), ahol ismeretterjesztő előadásokat és távcsöves bemutatót tartottunk összesen több ezer érdeklődőnek; (6) utazó planetáriummal vettünk részt a Természettudományi Múzeumban rendezett Földtudományi Forгатagon; (7) a csillagászat igazi ünnepévé vált 2015. március 20. az Akadémia parkolójában, ahonnét több ezer embernek mutattuk meg a részleges napfogyatkozást naptávcsövekkel, kivetítőeszközökkel, napfogyatkozás-néző szemüvegekkel. Az eseményt nagy sikerű előadások koronázták meg.

## Hazai és nemzetközi kapcsolatok, pályázatok

2015-ben is eredményes intézményi kapcsolatokat tartottunk fent az alábbi hazai csillagászati kutatóhelyekkel: 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, összesen másfél tucatnyi meghirdetett előadással, gyakorlatok tartásával, szakdolgozati, tudományos diákköri és doktori témavezetéssel.

Tovább folytattuk gyümölcsöző nemzetközi együttműködéseinket a CoRoT, Gaia, Kepler és TESS Asztroszeizmológiai Tudományos Konzorciumok, CHEOPS, PLATO, LUNA, JINA, JUNA, Rosetta és a HATNet projektekben. 2015-ben is számos esetben sikerült elnyerni észlelési időt csillagászati nagyműszerekre (APEX, ALMA, CFHT, IRAM, K2, ESO VLT, effelsbergi 100 m-es rádiótávcső) nemzetközi együttműködésben.

Az év során a korábbiakhoz hasonlóan több jelentős hazai és külföldi találkozó és szakmai workshop megrendezésében vettek részt intézetünk kutatói: *From the Early Earth to Exoplanets* (Porto, 2015. március 22–27); *Magyar Űrkutatási Fórum konferenciája* (29. Ionoszféra-Magnetoszféra Szeminárium, Sopron, 2015. május 7–9.); *BUKS Workshop on MHD Waves and Instabilities of the Solar Atmosphere* (Budapest, május 25–27.); *Celebrating the scientific career of Michael Ruderman* (Budapest, május 27–29.); *ST22, Asia Oceania Geosciences Society konferenciája* (Singapore, augusztus 2–7.); *IAU*

XXIX. közgyűlése, Divízió E Napok (2015. augusztus 7–10. Honolulu, USA); *Falling Walls Lab előadóiülés* (Sopron, 2015. szeptember 10.); *High angular resolution in astrophysics: optical interferometry from theory to observations*, 8. VLTi Nyári Iskola (Köln, 2015. szeptember 6–13.); *Herschel Point Source Catalogue Workshop* (Budapest, 2015. szeptember 21–23.); *High-precision studies of RR Lyrae stars: from dynamical phenomena to mapping the galactic structure konferencia* (Visegrád, 2015. október 19–22); *Missions to Habitable Worlds konferencia* (Budapest, 2015. október 28–29.); *Societal and Ethical Aspects of Astrobiology in Europe* (Budapest, 2015. október 30.).

Az intézet kutatói több hosszabb tanulmányutat tettek a Bécsi Egyetemen (Ausztria), a Sheffield-i Egyetemen (Egyesült Királyság), a Cambridge-i Egyetemen (Egyesült Királyság), az Európai Déli Obszervatórium központjában (Garching, Németország), a Leibniz Asztrofizikai Intézetben (Potsdam, Németország), a Leideni Egyetemen (Hollandia), az MPI für Astronomie-ban (Heidelberg, Németország), az IAC-ben (Kanári-szigetek, Spanyolország), a Kínai Nemzeti Csillagászati Obszervatóriumban és a Shadong Egyetemen (Kína), a Varanasi Egyetemen (India), a Wesleyan Egyetemen (Egyesült Államok), a Cerro Armazones Obszervatóriumban (Chile) és a Berni Egyetemen (Svájc). Vendégkutatókat fogadtak Ausztráliából, Ausztriából, az Egyesült Államokból, az Egyesült Királyságból, Franciaországból, Indiából, Németországból, Olaszországból, Svájcban és Spanyolországból.

2015-ben a következő jelentősebb új pályázati projektek indultak el: *Dinamikai folyamatok vizsgálata űrtávcsövekkel pulzáló változócsillagokban* NKFIH K-115709 Szabó Róbert vezetésével; *Oszták–magyar kétoldalú együttműködés pályázat* Regály Zsolt vezetésével, *K-TÉT\_14\_FR-1-2015-0140441 magyar–francia Tét-együttműködés* (Szabó M. Gyula és Dobos Vera részvételével), *Study of The Small Celestial Bodies in the Solar System, Magyar–román kétoldalú mobilitási pályázat* (Verebélyi Erika). Molnár László 2015-ben nyerte el az NKFIH posztdoktori pályázatát *Úrfotometriai alkalmazások a K2 misszióban* témában. A nemzetközi projektek közül kiemelendő a 2015-ben elnyert *Small Bodies Near and Far* H2020 Space Competitiveness pályázat, amelynek koordinátora Kiss Csaba. Az intézetben egy beépült és három aktív Lendület-pályázatunk volt a beszámolási időszakban.