

<b>IDŐKÖZI BESZÁMOLÓ</b> szakmai beszámoló		OTKA-azonosító: 83790	Típus: K
		Szakmai jelentés: 2011. 12. 30	
Vezető kutató: Szabó Róbert		Kutatóhely: (MTA Konkoly Thege Miklós Csillagászati Kutatóintézet)	
Zsúri: FIZ	Kezdet: 2011. 04. 01	Időszak: 2011-04-01 - 2011-12-31	Főkönyviszám: 71107
Nyomtatás: 2011. 12. 30.			

Pályázat címe:	Csillagregzések kutatása a Kepler-úrtávcsővel: a mikromagnitúdós forradalom		
Kutatásban résztvevők azonosak a szerződésben szereplő kutatókkal?	nem		
eltérések megadása és indoklása:			
Kiss L. László (eddig nem szerepelt a szerződésben) is tevékenyen részt vett a kutatásban. Az ő csatlakozását kérelmeztük a projekthez, ennek elbírálása folyamatban van. A csak általa jegyzett cikkek a mellékelt publikációs listában: 2,10,13,17.			
Az elvégzett munka megfelel-e a munkatervben tervezettnek?	igen		

Az elért eredmények rövid ismertetése:

#### RR Lyrae vizsgálatok a Keplerrel

Számos Kepler (és CoRoT) által megfigyelt RR Lyrae csillag adatait dolgoztuk fel. Korábban egy új dinamikai jelenséget: perióduskettőződést találtunk a Kepler-úrtávcső által megfigyelt Blazskó-modulált RR Lyrae csillagok felénél. Ez az első ilyen jellegű megfigyelés ennél a csillagtípusnál. A Florida-Budapest kóddal reprodukáltuk a perióduskettőződés bifurkációt nemlineáris RR Lyrae modellekben. Ez lehetővé tette, hogy azonosítsuk a perióduskettőződést okozó mechanizmust, ami egy meglepően erős, magas rendű (9:2) rezonancia, amely az alapl módus és a kilencedik (strange) felhang között jön létre. Azt is sikerült kimutatni, hogy a perióduskettőződést okozó rezonancia szabályos, sőt kaotikus Blazskó-modulációt is képes lehet előidézni. Ha ez bizonyítást nyer, akkor elmondhatjuk, hogy áttörést értünk el az RR Lyrae csillagok modulációját övező évszázados rejtély megértésében. Megállapítottuk viszont, hogy a Stothers-modell csak korlátozott esetekben képes a Blazskó-moduláció magyarázatára. Új matematikai leírást dolgoztunk ki, amely a korábbiaknál jóval kevesebb paraméter segítségével képes leírni a modulált fénygörbéket. Modulálatlan Kepler RR Lyrae csillagok periódusváltozását és fémtartalom-amplitúdó összefüggését is vizsgáltuk. Folyamatban van a három-módusú rezonanciák szerepének, és kaotikus RR Lyrae modellek lehetőségének vizsgálata is. A témavezető a Kepler Asztroszeizmológiai Tudományos Konzorcium (KASC) RR Lyrae munkacsoportjának elméleti vizsgálatait vezeti. (3, 6, 8, 11, 12, 14, 23, 24, 26, 28)

#### Cefeida vizsgálatok a Keplerrel

Az úrtávcső látómezejébe eső, korábban általunk válogatott cefeida jelöltek Kepler-adatait vizsgáltuk, valamint földfelszíni spektroszkópiái és többszín-fotometriai kampányt szerveztünk. Ezen adatok együttesen lehetővé tették, hogy megerősítsük az egyik jelölt, a V1154 Cyg cefeida klasszifikációját. Megállapítottuk, hogy a csillag alapl módusban pulzál. Az ultra-precíz, megszakítás-mentes Kepler fotometriai adatsorban a mikromagnitúdós szintig nem találtunk nemradiális vagy sztochasztikusan gerjesztett módusokra utaló jelet. A csillagnál a pulzációs periódus és a fénygörbealak jelentős változásokat mutat ciklusról ciklusra több független módszer alapján, ennek oka egyelőre ismeretlen. Vizsgáltuk az új jelenség hatását kis tömegű kísérők jelenlétének kimutatására célzó vizsgálatokra. Kimutattuk, hogy a többi jelölt nem cefeida. Szabó Róbert a KASC cefeida munkacsoportjának vezetője. (19, 21, 25)

#### Egyedülálló fedési hierarchikus hármas rendszer

A Keplerrel felfedeztük az első olyan hierarchikus hármas rendszert ("Trinity", HD 181068), amely két különböző típusú kölcsönös fedést is mutat. A felfedezésről a Science április 8-ai számában számoltunk be. A rendszer mindhárom komponensének fizikai tulajdonságait földi nagy felbontású képalkotó, spektroszkópiái és interferometriai megfigyelésekkel határoztuk meg. A fő komponens egy magjában héliumot égető vörös óriáscsillag, látszó szögátmérője 0,0004 ívmásodperc. Ez a legkisebb sztelláris látszó szögátmérő, amit interferometriával valaha sikerült megmérni a miénkhez hasonló pontossággal. A másik két csillag G, illetve K törpe. A rendszer egyedülálló abban a tekintetben, hogy a dinamikai fejlődés és az árapályslródás emberi időskálán tanulmányozható. A Kepler és CoRoT úrtávcsövek bizonyították, hogy a vörös óriáscsillagok mindegyike mutatja a szoláris oszcilláció jelenségét. Esetünkben ennek semmi jele nem látszik, az ellentmondás oka egyelőre ismeretlen. A megoldás valószínűleg a BC-pár árapályhatásában keresendő, mert ennek keringési periódusával másodlagos hullámzások jelentkeznek a vörös óriás fényváltozásában. A szoros párpár mozgásai folyamatosan rezgéseket keltenek a felfűvódott óriáscsillagban, miközben valójában elfojtják a vörös óriás Nap típusú oszcillációt. (7)

#### Az első aszimmetrikus tranzitfénygörbe

Felfedeztük és sikeresen magyaráztuk a KOI-13 nevű fedési exobolygójelölt aszimmetrikus Kepler-fénygörbéjét. A központi csillag, ami egy kettőscsillag A színeképtípusú, fényesebb komponense, gyorsan forog, ezért a gravitációs sötétedés miatt korongja inhomogén fényességeloszlású. A fényváltozás aszimmetriájának oka, hogy a szubsztelláris kísérő (barna törpe vagy nagy tömegű forró Jupiter) a csillag forgástengelyéhez képest ferde pályán kering. Ezáltal lehetővé válik a pálya ferdeségének kimutatása a szokásos, spektroszkópiái mérésen alapuló Rossitter-McLaughlin hatás nélkül, pusztán fotometriai adatokból. A fénygörbében detektáltuk a csillag forgását is 25,4 órás periódussal. A csillag a gyors forgás miatt lapult, ez a pályaelem kimutatható változását okozza. Számításaink szerint a KOI-13b 75-100 év múlva már nem fog fedéseket mutatni a Földről nézve. Nagyfelbontású spektroszkópiái megfigyelésekre távcsődöt nyertünk a Kanári-szigeteki 2,6 méteres NOT-ra. (18, 27)

#### Csillagszeizmológia a Keplerrel

Részt vettünk hibrid csillagok vizsgálatában, amelyek részletes analízisét az úrfotometria tette lehetővé. Ezen csillagokban mind p-, mind g-módusú pulzáció jelen van, ezáltal jóval több információhoz juthatunk belsejükről, mint más csillagok esetében. Mind A-F (delta Sct / gamma Dor), és B színeképtípusú fősorozati csillagok (SPB / béta Cep) esetén előfordul a jelenség. Mindkét esetben megállapítottuk, hogy a hibrid pulzáció sokkal gyakoribb, mint azt a földi megfigyelések alapján gyanítottuk. A KIC 9700322 jelű delta Scuti csillagban 76 frekvenciát találtunk. A két domináns frekvenciát radiális módusokként értelmeztük, amelyekhez nagy számban kapcsolódnak kombinációs frekvenciák. Ezenkívül egy kis amplitúdójú, 6 nap körüli moduláció is látszik, ez a csillag forgásának tulajdonítható. Spektroszkópiái vizsgálatokból kiderült, hogy a csillag az egyik leghidegebb delta Scuti. Továbbfejlesztettük a Dinamikus Eclipse Mapping módszert, ami fedési kettőscsillagokban található pulzáló változócsillagok felszíni intenzitáseloszlásának feltérképezésére, ezáltal módusazonosításra használható, akár többmódusú pulzáció esetén is. A módszert szimulált adatokon teszteltük és alkalmazhatóságát vizsgáltuk úrfotometriai adatokra. (1, 4, 5, 20)

#### Halmaz-szeizmológia

A nyílthalmazok azonos anyagból, egyszerre keletkeztek, így koruk, távolságuk, kezdeti kémiai összetételük megegyezik. Ezáltal sokkal erősebb megszorítások tehetők a csillagszerkezeti és -fejlődési modellekre, s ez az előny a csillagszeizmológia révén tovább fokozható. Ezért három nyílthalmaz mintegy 100 vörös óriáscsillagának globális asztroszeizmológiai paramétereit határoztuk meg a Kepler egy év hosszúságú fotometriai adatsorainak alapján. A globális oszcillációs paraméterek és a 2MASS alapján nyert effektív hőmérsékletek felhasználásával tömeget, sugarat és luminozitást származtattunk a csillagokra, ezenkívül a fémtartalmukra is kaptunk becslést. Vizsgáltuk a Nap típusú rezgések amplitúdóinak függését ezen paramétereiktől. Szeizmológiai módszerekkel először határoztuk meg közvetlenül a vörös óriások tömegvesztését, ami alapvető fontosságú többek között a Galaxis kémiai evolúciójának megértésében, de más módszerekkel csak nagy bizonytalansággal mérhető. A vörös óriások Nap típusú oszcilláció amplitúdójának vizsgálata lehetővé teszi, hogy megtaláljuk a feloldatlan kettősöket is, amik a halmazok kialakulási folyamatának fontos nyomjelzői. Ráadásul hasonló elven a klasszikus módszereknél jobb hatásokkal kiszűrhetők a halmazhoz nem tartozó elő- és háttérobjektumok is. (9, 15, 16, 22)

#### Exobolygók felfedezése és vizsgálata

Spektroszkópiai megfigyelésekkel járultunk hozzá fedési exobolygók felfedezéséhez (HAT-P-27b, HAT-P-31b,c). A HAT-P-13 esetén korábban kizártuk egy második fedési planéta jelenlétét, de földi megfigyelésével szignifikáns TTV-t (Transit Timing Variation) mutattunk ki, ami további bolygó(k) gravitációs hatására utal. Kimutattuk a fedési exobolygók keringési periódusának meglepő eloszlását a méret és tömeg függvényében: három napnál rövidebb keringési periódusú, Jupiternél kisebb bolygót alig ismerünk, annak ellenére, hogy a forró Jupiterek és a forró szuper-földek sűrűn benépesítik ezt a tartományt is. Az eltérés a bolygórendszerek keletkezésével vagy fejlődésével állhat kapcsolatban. A fény-idő effektus alkalmazásával szubsztelláris és bolygókísérők kimutatását célzó vizsgálatokat kezdtünk a nagy pontosságú Kepler-adatokon. (2,10,13,17)

Összesen 20 cikkünk jelent meg magas impakt faktorú folyóiratokban az OTKA-szám feltüntetésével (össz. IF: 126,804), 1 hamarosan megjelenik, 3 továbbit pedig bírálatra beküldtünk (IF: 19,552). Számos nemzetközi konferencián vettünk részt (4. KASC konf. Boulder, CA, Szabó R. meghívott előadóként; IAU Szimp.: 282, From Interacting Binaries to Exoplanets: Essential Modeling Tools, Tatranska Lomnica; 285. IAU Szimp.: New Horizons in Time Domain Astronomy, Oxford; Impact of new instrumentation & new insights in stellar pulsations, Granada; The Impact of Asteroseismology across Stellar Astrophysics, Santa Barbara, CA); látogatást tettünk több külföldi kutatóintézetben és egyetemen (Harvard-Smithsonian Center for Astrophysics; Kavli Institute for Theoretical Physics, Univ. of California Santa Barbara; Univ. of Sydney). Elyertük a KASC 5. konferenciájának rendezési jogát 2012-re. Részt veszünk a Kepler-misszió meghosszabbításának előkészítő munkálataiban.

A beszámolási időszakban az OTKA és az Élet és Tudomány ismeretterjesztő cikkpályázatán 1. helyezést értünk el (Szabó R.), Szabó Róbert Bolyai-ösztöndíjat nyert, Derekas Aliznak a L'Oréal-UNESCO díját ítelték oda és Eötvös-ösztöndíjat is kapott 2011-ben. Molnár Lászlót, aki korábban is nevesített résztvevője volt a pályázatnak és PhD-jén dolgozik a pályázat témájában, intézeti szerződésének lejártja miatt 2011. dec. 1-től a betervezett tud. smts. munkakörben alkalmazzuk 1,0 FTE-vel. Kiss László, aki a KASC 12. munkacsoportját vezeti, exobolygós és változócsillagászati tapasztalatait felajánlva évi 0,1 FTE-vel csatlakozott a programhoz.