



ÉLVONALBAN A HAZAI ASZTROSZEIZMOLÓGIA

Reneszánszát éli a csillagrezgések vizsgálata. Molnár László Csillagszeizmológiai laboratóriumok című pályázata el is nyerte az NKFIH Élvonal Kutatási Kiválósági Programjának támogatását. A CSFK Konkoly Csillagászati Intézet tudományos munkatársával arról beszélgettünk, hogyan lehet kimutatni egy távoli, szabad szemmel nem is látható csillag felszínén a rezgéseket, mit tudnak ezekből kiolvasni a szakemberek, és miért olyan fontos mindez az égbolt tudománya számára.

– Honnan jött a pályázati téma ötlete?

– Korábban is főleg pulzáló változócsillagokat vizsgáltam a posztdoktori pályázataim keretében, ezt a kutatást bővítettem ki nagyobb, csoportos projektté. Az ihletet az új űrtávcsövek adták: a TESS (Transiting Exoplanet Survey Satellite) a csillagok fényváltozásait méri szerte az égbolton, elsősorban exobolygókat keresve, de közben rengeteg más csillagot is észlelve. A Gaia űrtávcső programjában pedig 1-2 milliárd csillag szerepel, pozíciójukat, fényességüket és távolságukat határozza meg nagy pontossággal. Ezeket szeretném összekapcsolni, plusz hozzátenni a legmodernebb modelleket, amik a csillagok fejlődését, belső szerkezetét írják le.

▲ **A Gaia űrtávcső milliárdnyi csillag pontos fényességét és pozícióját méri**

(FORRÁS: ESO)

A Gaia neve egyébként a TESS-szel ellentétben nem rövidítés, illetve kezdetben az volt, de aztán áttervezték a működését, és már nem lett volna igaz. De nem cserélték le, hanem azóta szimplán a görög istenség nevét viseli.

– A Csillagászati Intézet közreműködik az említett űreszközök programjában. Gondolom, így szabadon hozzáférnek az adatokhoz.

– A Gaia programjában többen is részt veszünk a kollégák közül, de ez a projekt úgy működik, hogy miután a nyers adatokat feldolgozták, közlésezzik a teljes tudományos közösség számára.



Molnár László (FOTÓ: TRUPKA ZOLTÁN)

A TESS minden adata szabadon hozzáférhető. Nekünk valójában itt most nem az a befektetés, hogy benne legyünk ezekben a projekteknél,

hanem hogy minél jobban ki tudjuk aknázni azt a rengeteg adatot, ami rendelkezésre áll.

Az utóbbi tíz évben egyébként nagy változások történtek ezen a téren. A 2009-ben indult Kepler űrtávcső adatait először még csak a projektben dolgozók kapták meg és ma is vannak olyan programok, amelyek így működnek. Például a Hubble adataival egy évig csak az dolgozhat, aki pályázott az adott kutatásra. Az előbb említett, felmérő távcsövek viszont olyan mennyiségű információt produkálnak, hogy nincs értelme egy zárt csoportnak kurgatni őket, hanem szabadon hozzáférhetőek és bárki dolgozhat velük. Itt már a szaktudás a kulcs, hogy jól ki tudjuk használni az adatbőséget.

– Úgy érzem, az asztroszeizmológia a reneszánszát éli, de mindenképpen nagyon felívelő kutatási témának tűnik.

– Mi is így gondoljuk, bár már a 80-as években születtek cikkek arról, hogyan lehetne a csillagok apró rezgéseit kimutatni. De akkor még nem állt rendelkezésre megfelelő mérés technika. A 90-es évek végén, a 2000-es évek elején végre, verejtékkel és nagyon sok földi távcsődő felhasználásával sikerült néhány csillag rezgéseit kimutatni. Aztán a fotometriai űrtávcsövek folyamatos, nagyon pontos fényességmérései tették lehetővé, hogy egyértelműen meg tudjuk határozni, hogy ez és ez a csillag ilyen és ilyen frekvenciákon rezeg. Eből meg lehetett állapítani az égitest fizikai tulajdonságait, méretét, korát. Ezt már nagyon sok csillaggal meg tudjuk csinálni az égbolton, úgyhogy a Tejútrendszerben a különböző csillagok eloszlását is fel tudjuk térképezni. Ezzel a módszerrel meg lehet különböztetni, hogy galaxisunk korongjában milyen csillagok helyezkednek el, és milyenek találhatóak körülötte a haloban, mert ebben is lehet különbségeket kimutatni a rezgések alapján.

– Milyen összefüggés van a csillagok rezgése és a csillag Galaxisban elfoglalt helye között? Egyáltalán, miért rezegnek a csillagok?

– A halot főleg öreg, évmilliárdokkal ezelőtt született csillagok alkotják, sőt, sok idegen csillag is, olyan, ami egy másik galaxisban született, ami aztán a Tejútrendszerbe ütközött és beleolvadt. A korongban viszont sok fiatal és nehezebb csillag is van. Ezeket a különbségeket ki tudjuk

hámozni az adatokból, ha sok csillag rezgéseit meg tudjuk vizsgálni. Nekünk is vannak ilyen céljaink.

A csillagok hatalmas plazmagömbök, amelyekben hanghullámok tudnak terjedni. Ilyet okozhat például a csillaganyag mozgása, fel- vagy leáramlása, amely meg tudja „korgatni” őket. A Napon ez összevissza és nagyon gyengén történik, így, ha csak felnézünk rá, nem is érzékeljük ezt. Más csillagok, más „életfázisban” viszont uniszónóban szólnak, pulzálnak, az egész csillag ütemesen tágul és összehúzódik. És pont ahogy egy orgona sípjainál, itt is a mérettől függ a hang magassága, vagyis hogy a csillag milyen periódussal rezeg. A legkisebb csillagoknál ez néhány percig-óráig, legfeljebb egy napig tart, míg az óriáscsillagoknál akár egy-két évbe is beletelhet.

– A rezgésekből hogyan lehet megmondani, milyen a csillag belseje, összetétele és más tulajdonságai?

– Ma már szeizmológiai módszerekkel nem csak a Föld és más bolygók belsejét lehet feltérképezni, hanem a csillagokét is. Persze mi nem tudunk szeizmométert helyezni a csillagok felszínére, de szerencsére a rezgések megjelennek a fényességük változásában is, amit meg tudunk figyelni távcsövekkel. De az értelmezésükhöz már kellene a csillagmodellek is. Azt könnyű megállapítani, hogy a nagyméretű csillagok lassabban, a kicsik gyorsabban rezegnek. Hogy ezt milyen frekvenciákon teszik, azt régóta vizsgálják. De azt már jóval nehezebb megállapítani a frekvenciákból, hogy az adott csillag milyen korú vagy kémiai összetételű. Pont úgy, ahogy gyakorlottabb fül kell ahhoz is, hogy megkülönböztessük a fa- és fémsípok hangját egymástól.

Szerencsére itt van nekünk a Nap, mint teszt-példány. Látjuk, hogy fizikailag mekkora, nagyjából tudjuk, milyen a belseje, és nagyon részletesen meg tudjuk vizsgálni a rezgéseit, amit át lehet skálázni más csillagokra, amelyek nagyobbak, kisebbek, fiatalabbak, öregebbek, más kémiai összetételűek és így tovább. És úgy tűnik, elég jól sikerül, erre utalnak az ellenőrző mérések. Vannak ugyanis viszonylag közeli csillagok, amelyek korongját ténylegesen fel tudjuk bontani, és így közvetlenül meg tudjuk állapítani a fontosabb paramétereiket, például a méretüket.

Ezeket összehasonlíthatjuk azzal, hogy a rezgések alapján mekkora értéket kapunk és az adatok elég jól egyeznek.

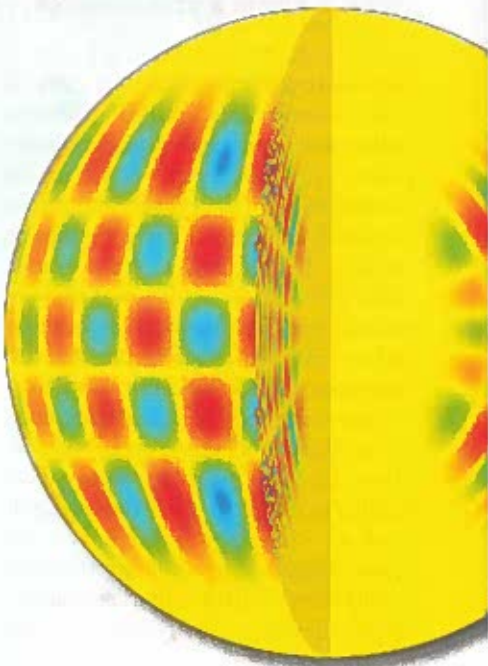
– Hogy fog működni az önök csillagszeizmológiai laboratóriuma és kik fognak benne dolgozni?

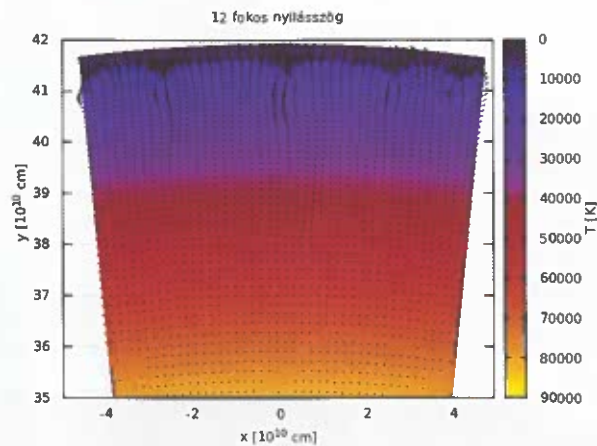
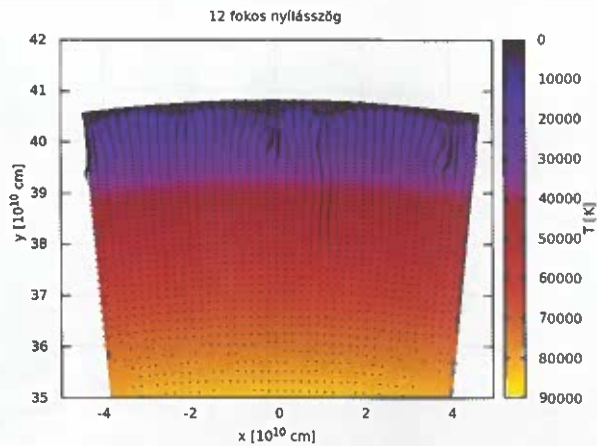
– A mi pályázatunk tulajdonképpen egy Big Data jellegű projekt is. A hozzáférhető rengeteg adatnak vannak olyan részei, amelyek feldolgozásához jól értünk, és meg akarjuk tudni, mit árulnak el nekünk az univerzumról. A név ellenére nem építünk tényleges laboratóriumot: virtuális laboratóriumként fogjuk a csillagokat és a számítógépekkel számolt modelleket faggatni.

A pályázatban a kezdő csapatot meg kellett adni, ez 14 nevet tartalmaz. Van mellettem öt képzett szakember, valamint több junior tag, hallgatók, doktoranduszok, posztdoktor kutatók. A friss hallgatók bevonása mellett figyelem arra is, hogy a férfi-női összetétel is minél kiegyensúlyozottabb legyen.

Gyakorlatilag mindenki a CSFK munkatársa vagy itt témavezetett, de rajtuk kívül is szándékozom behozni új szaktudást. Szeretnék legalább egy külföldi posztdoktort idehozni, plusz csatlakozni fog hozzánk jövőre egy Marie Curie ösztöndíjas kutató Amerikából, aki kapcsolódó témában dolgozik, és régebb óta együttműködünk. Szaktudásban a nemzetközileg elismert kutatók között van például

A csillagok belsejében jelenlévő hanghullámok segíthetnek a csillagászoknak feltárni a csillag belső tulajdonságait (FORRÁS: ESO)





Kétdimenziós csillagmodell, mozgás közben. A színek az anyag hőmérsékletét, a nyilak a helyi áramlási sebességet és irányt jelzik. A modelleket Kovács Gábor (CSFK/ELTE), az Élvonaltató kutatócsoport tagja készítette a SPHERLS csillagpulzációs szoftverrel.

Szabó Róbert, akinek nem mellesleg saját Lendület kutatócsoportja van, velük szintén együttműködünk.

– Milyen eredményekkel lennének elégedettek a futamidő végére?

– Az általunk kutatózott változócsillagokat szeretnénk minél jobban feltérképezni: hol helyezkednek el a Galaxisban, mit mondanak a Tejútrendszer felépítéséről, egyáltalán mit mondanak el saját magukról. Ezekre az információkra azért van rendkívül nagy szükség, mert az ilyen típusú csillagokat használják a kozmikus távolságméréshez. Ebben már az is számít, hogy értjük-e teljes mértékben ezeket a csillagoknak az életét és fizikáját. Ha van benne bizonytalanság, az ráakad a univerzum nagyobb távolságainak meghatározására is, és sok mindent újra kellene értelmezni az eddigi tudásunkból.

Aztán vannak olyan változócsillag-típusok, amiket például Kolláth Zoltán munkáján keresztül már egy-két évtizede megjósoltak. Nagyon ritka, de nagyon érdekes objektumokról van szó, és egyelőre nem tudjuk, hogy léteznek-e a természetben: ezt is jó lenne megválaszolni.

A modellezést is szeretném újra felfuttatni az intézetben, hogy ne csak az észlelési adatokkal dolgozzunk. A 2000-es években Kolláth Zoltán és Szabó Róbertek vizsgálták a pulzációs modelleket.

Most a fejlettebb módszereinkkel és eszközeinkkel folytatott vizsgálatokkal az elméleti háttérrel is újra mehetjük a kutatások eredményeinek. A mérésekből kapott adatokat összehasonlítjuk a modellekkel, de lesz olyan is,

hogy a modelleket indítjuk el és számolunk ki bizonyos tulajdonságokat, aztán változtatjuk a modellekben mondjuk a kémiai elemek összetételét és megnézzük, hogy a rezgésekben hogyan tudjuk kimutatni a különbségeket.

A legtöbb modell a csillag szerkezetét egy dimenzióban számolja. Ez azt jelenti, hogy a csillag közepétől a csillag széléig egy vonal mentén hogyan változnak a paraméterek. Egyelőre nagy kihívásnak tűnik kiszámolni 3D-ben az egész csillagot, mert olyan bonyolult, hogy túl nagy számítási kapacitást igényel a mai napig is. De a csillagból kivágott kis tortaszíveket tudunk számolgatni. Ezek is nagyon időigényesek és ezért van az, hogy ezek a kutatások néha beindulnak, aztán elhalnak, mert sokáig tart ilyenekkel dolgozni. De bízunk benne, hogy a mi 5 éves programunk elég lesz arra, hogy több dimenziós csillagmodellel ténylegesen tudjunk számolni. Megnézni, hogy a csillag belsejéből a felszínre hogyan bugyog fel az anyag, miközben a csillag pulzál is, és ezek kölcsönhatását is tudjuk vizsgálni.

Végül az egyik nagy vágyam, hogy a távolságméréseken keresztül a Hubble-állandót, vagyis az univerzum tágulási sebességét 1 százaléknál kisebb hibával határozzuk meg. Elsősorban a csillagokkal szeretnénk foglalkozni, de ez a hab lenne a tortán.

– Hol a helye ezeknek a kutatásoknak az itthoni és a nemzetközi tudományos világban?

– Itthon viszonylag nagy hagyományokkal rendelkező téma, gyakorlatilag a 40-es, 50-es évektől tart, már ami

a változócsillagokat illeti. Viszont most, hogy űrtávcsöves adataink vannak, új modelleink vannak, szeretném egy kicsit megújítani és a szigorúan vett szeizmológiai vizsgálatokat is bevetni ezekben a kutatásokban. Ily módon fel lehet frissíteni a témát és a szakma élvonalában tartani. Nemzetközileg azért érdekes a dolog, mert a szeizmológia most két csillagtípusra koncentrál: a Naphoz hasonló csillagokra és a vörös óriáscsillagokra. Közük vannak olyan leágazások, amikor a csillagok pulzálnak, megfura fejlődési állapotban vannak, amelyek kimaradnak ezekből a vizsgálatokból. Én ezekre is szeretném kiterjeszteni a kutatásokat. Plusz itt van nekünk a legjobb adathalmaz, ami rendelkezésünkre áll, ezekben lehet új felfedezéseket tenni. Ha nekiállunk ezeket alaposan kikutatni, megérteni, modellezni, az gyakorlatilag ennek a területnek az élvonalát jelenti.

A pályázat feltétele volt, hogy ne csak az eredmények legyenek nemzetközi színvonalúak, hanem a vezető kutató is. Csak az pályázhatott, akinek már volt nyertes Európai Kutatási Tanács (ERC) pályázata vagy majdnem elnyert egyet. Én a második kategóriába tartozom. Nekem kötelezően újra kell pályáznom ERC-re, ez is része a kiírásnak. Ha ez megvan, és sikeres lesz, akkor az 5. év után is tovább tudjuk vinni ezeket a projekteket. És azt is szeretném elérni, hogy a fiatalok közül, akik most velem dolgoznak, közben kinevelődjenek olyanok, akik néhány év múlva már önálló kutatóként, saját projektjeikkel tudjanak majd pályázni.

TRUPKA ZOLTÁN