

$$\frac{p}{\sqrt{n(n+2)}}$$

eredményt kapjuk. Elég nagy  $n$ -re tehát a szórás  $1/n$  rendben tart zérushoz, ami lényegesen gyorsabb, mint az átlagon alapuló becslés esetében.

Levonhatjuk tehát azt a következtetést, hogy nem árt a likelihood-függvény természetét alaposan megvizsgálni, mielőtt mérési eredményeink kiértékelésébe fogzánk.

#### Irodalom

1. L. Jánossy: *Theory and practice of the evaluation of measurements*. Oxford University Press, 1965.

## NAP-TÍPUSÚ OSZCILLÁCIÓK TENGERE

Molnár László

MTA CSFK Konkoly Thege Miklós Csillagászati Intézet

Még a 2012 nyarán megrendezett Kepler asztroszeizmológiai konferenciáról, Balatonalmádiból maradt meg az emlékeimben két megjegyzés, amelyek jól jellemzik, hogy miként formálja át az űrtávcső az exobolygókról és csillagokról alkotott képünket. *Natalie Batalba*, a misszió tudományos vezetőhelyettese épp a lakhatósági zónába eső bolygójelölteket mutatta be, amikor valaki megjegyezte nekem: „Ez tiszta Star Trek!” „Az a helyzet, hogy nincsen konstans csillagunk.” – ez pedig egy kérdezz-felelek során hangzott el, majd valaki pontosított, hogy a több mint százötvenezer csillagból azért akad egy-kétszáz speciális, Am színképtípusú (erős fémvonalakat mutató, a Napnál valamivel fényesebb) csillag, amelyek a Kepler fotometriai pontossága mellett sem mutatnak fényváltozásokat.

A nagyszerű eredmények elismeréséül a NASA meg is hosszabbította a küldetést 2+2 évvel 2016-ig, egy 2014-ben esedékes felülvizsgálattal. Az elsődleges misszió 2012 novemberében véget ért, de az űrtávcső igen jó állapotban van. Két komolyabb meghibásodás történt csak: 42 CCD detektora közül kettő 2010 januárja óta nem működik, 2012 júliusában pedig az egyik giroszkópja ment tönkre. Utóbbi jelent nagyobb veszélyt a misszióra nézve, mivel így megszűnt a redundancia, a maradék háromra mindenképpen szükség van, hogy precízen a kívánt irányban tartsák a űrtávcsövet.

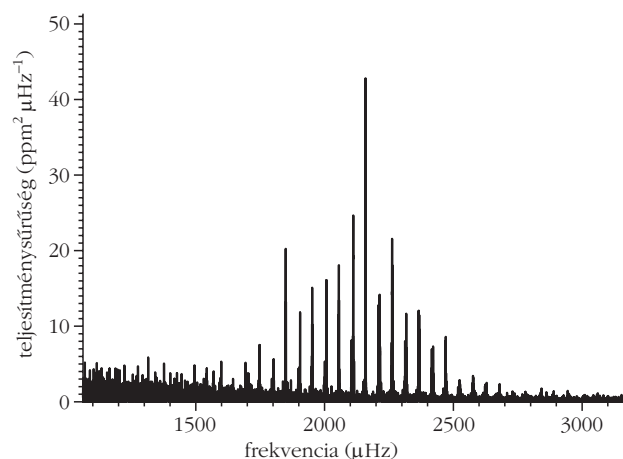
### Új ablak a csillagokra

Szabó Róbert és Derekas Aliz 2011-es cikkükben már bemutatták, hogy milyen rezgések alakulhatnak ki csillagokban [1]. Míg néhány évvel ezelőttig mindössze tucatnyi csillagban sikerült Nap-típusú oszcillációkat, azaz lecsengő, de a konvektív mozgások által folyamatosan gerjesztődő rezgések kavalkádját detektálni, addig a Kepler első hónapjai alatt ez a szám ötszázra nőtt [2]. A csillagok oszcillációs spektrumainak vizsgálata számos lehetőséget nyitott: egyrészt

egyedi csillagok, különösen exobolygók anyacsillagának pontos fizikai paraméterei váltak meghatározhatóvá. A fedésből például csak a csillag és bolygó sugarainak arányát tudjuk meghatározni, de az oszcillációk modellezésével az abszolút geometriai méretet is megkapjuk a csillagra, és így a bolygóra is. Ha a tömegeket is meg tudjuk határozni valamilyen módszerrel (például radiális sebesség-méréssel, vagy több bolygó esetén a kölcsönös gravitációs hatásokból), akkor adódik a bolygó sűrűsége, ami komoly megszorítás a lehetséges összetételre. Így történt például a Kepler első kőzetbolygója, a Kepler-10b esetén is [3].

Az asztroszeizmológiai modellillesztés másik szép példája a 16 Cygni A és B kettőscsillag. A kettős mindkét tagja régóta ismert Nap-analóg: sok tekintetben, bár nem minden paraméterében hasonlít a Napra (1. ábra). Ezen csillagok összehasonlítása a mi központi égitestünkkel lehetővé teszi, hogy a Napot a Tejútrendszer egyik csillagaként is elhelyezhessük a többi között. A Kepler első három hónapnyi méréseiből 46,

1. ábra. A 16 Cygni A csillag teljesítményspektruma: a teljesítménysűrűség az oszcillációs frekvencia függvényében. Az azonos szerkezetű csúcsok ismétlődése által kirajzolt fésűszerkezet a Nap-típusú oszcillációk spektrumának fő jellemzője. Az ismétlődést az egyre növekvő  $n$  radiális kvantumszámú módusok sorozata okozza, a köztük levő távolságot nevezzük nagy szeparációnak ( $\Delta\nu$ ) [4].

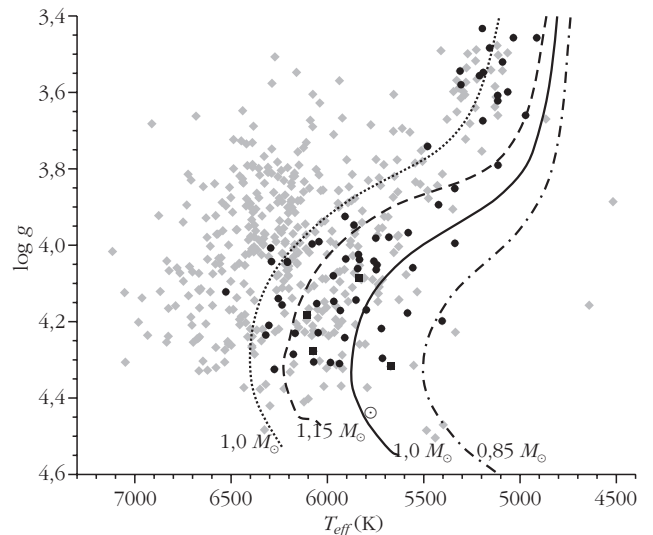


illetve 41 oszcillációs módust sikerült kimutatni a két csillagban,  $l = 0-3$  közötti horizontális kvantumszámokkal [4]. Az  $l = 3$  módusok detektálása bizonyítja a Kepler fotometriai pontosságát: az eleve igen kis amplitúdójú oszcillációk ebben az esetben már több, fázisban ellentétes régióra oszlanak szét a csillag felszínén, jelentősen csökkentve a csillagkorongra integrált fényváltozást. A legérdekesebb eredmény, hogy a modellillesztés során a két csillag közös tulajdonságaira, például a korukra, kémiai összetételükre nem adtak semmilyen megkötést, annak ellenére, hogy joggal tehetjük fel: ugyanakkor, ugyanabból a közös gázfelhőből alakultak ki. A modellek a függetlenség ellenére szinte ugyanazt az eredményt adták mindkettőre, a korra például  $6,8 \pm 0,4$  milliárd évet, vagyis pusztán asztroszeizmológiai szemmel nézve is testvéreknek bizonyultak.

A tudományos közösség számos recepttel rendelkezik a modellek illesztésére vonatkozóan. Ezek közül az interneten is elérhető és relatíve felhasználóbarát Asteroseismic Modeling Portal (AMP, <https://amp.ucar.edu>) érdemes említésre. Az AMP kétféleképpen használható: optimalizációs módban a csillag frekvenciaspektrumából meghatározott adatokat (a detektált csúcsokhoz tartozó  $l$  kvantumszám, frekvenciaérték és hiba) kell megadni, majd ezek alapján a kód megkeresi a legjobban illeszkedő paraméterekkel (tömeg, sugár, kor és kémiai összetétel) jellemezhető csillagmodellt. Direkt számítási módban pedig ennek az inverzét végzi el, a megadott globális paraméterekhez tartozó oszcillációs spektrumot számítja ki. Az AMP mellett azonban más kódokat is használnak kutatócsoportok, attól függően, hogy a szakirodalomból pontosan melyik opacitási táblázatot és a csillagokban zajló magfúzió hatékonyságát leíró reakciós rátákat használják inkább, vagy éppenséggel hogyan kezelik a konvekciót a modelljükben.

## Együttes és differenciális asztroszeizmológia

Ha már rendelkezésünkre állnak több száz csillag adatai, az egyedi modellillesztések mellett statisztikai vizsgálatokra is lehetőség nyílik, együttes asztroszeizmológiát (vagy a konkurens szakkifejezés-jelölt szerint: szinasztroszeizmológiát) végezve. Az egyik első nagy eredmény a vörös óriás csillagok szétválasztása volt az energiatermelés szempontjából. Ahogy az öregedő csillagok magjában a hidrogén aránya lecsökken, a fúzió is megszűnik, illetve átvődik a magot körülvevő köpeny legaljába: ez a hidrogénhéjégés fázisa. Egy idő után viszont a mag annyira összehúzódik, hogy a hélium is fúzióba kezd, a  $3 \cdot ^4\text{He} \rightarrow ^{12}\text{C}$  reakció formájában. Bár a két energiatermelési fázis miatt ezen csillagok belső viszonyai jelentősen különböznek, a felszíni tulajdonságaik igen hasonlóak. Spektrumok alapján például nem különböztethetőek meg, problémát okozva például populációvizsgálatoknál, vagy a tömegvesztés ütemének meghatározásánál.



2. ábra. Naphoz hasonló csillagok sorozata (a felszíni gravitációs gyorsulás logaritmsa az effektív hőmérséklet függvényében): a világos szürke, csúcsára állított négyzetek a teljes minta, a fekete körök tömege  $1 \pm 0,15$  naptömeg közötti, a fekete négyzetek pedig, amelyekről spektroszkópiai adatokkal is rendelkezünk. A vonalak eltérő tömegű, illetve nehézelem-tartalmú csillagok elméleti fejlődési útjait mutatják. A pontok két csoportba tömörülnek, alul a fősorozati, felül az óriásági csillagok találhatók, a gyors fejlődés miatt a köztes állapotban keveset találunk. A Nap jele (kör ponttal a közepén) mutatja a hozzá tartozó pozíciót [8].

A belső szerkezet változásai miatt a mag-köpeny határ az óriáscsillagokban a korral egyre élesebb választóvonalá válik: nagy gradiens lép fel a nyomásban és a kémiai összetételben is, ami jelentősen módosíthatja az oszcillációs módusok tulajdonságait. Ennek hatására a magban terjedő  $g$ -módusok és a köpenyben terjedő  $p$ -módusok (nehézségi, illetve hanghullámok) hasonló frekvenciákra tolódhatnak el, és kölcsönhathatnak egymással, kevert módusokat létrehozva. Azok a kevert módusok pedig, amelyek a köpenyben  $p$ -domináltak, olyan kivételes helyzetben vannak, hogy információt hordoznak a magról, de a felszínt is detektálható amplitúdóval érik el. A Kepler-adatokban sikerült ilyen kevert módusokat azonosítani, és végre sikerült a hidrogénhéjat, illetve a magjukban héliumot égető csillagokat megbízhatóan szétválasztani [5–7].

A csillagok szétválogatása elvezet az együttes vizsgálatok alcsoportjának tekinthető differenciális asztroszeizmológiához, vagyis amikor a mintánkat egy közös tulajdonság alapján leszűkítjük, és az így fennmaradó csillagok különbségeit vizsgáljuk tovább. Egy ilyen lehetőség, ha kiválogatjuk az összes Nap-analóg csillagot, például a pontosan egy naptömegű példányokat. Ezek között természetesen mindenféle korú csillag felbukkan, amiket sorba rakva a csillagfejlődéssel járó szerkezeti változásokat is feltérképezhetjük és összehasonlíthatjuk az evolúciós modellek eredményeivel. Az első ilyen vizsgálat 72 csillagot azonosított és hasonlított össze a modellekkel (2. ábra). Az eredmények megerősítették, hogy a csillagok relatíve gyorsan fejlődnek át a fősorozatról az óriáságra, illetve az asztroszeizmológiai tömeg- és sugármeghatározás il-

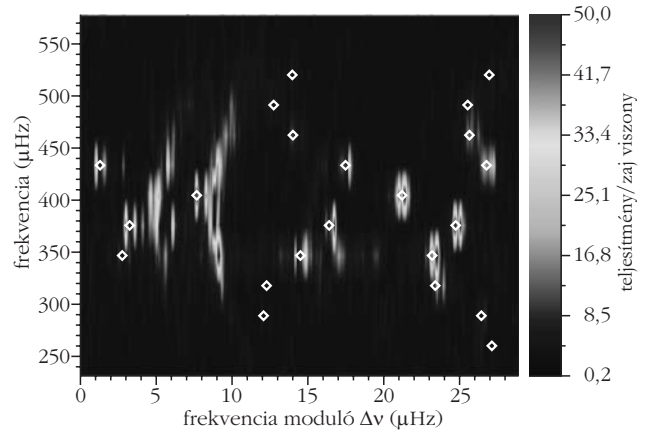
leszkedik a fejlődési modellekhez. A fő bizonytalanság ennél a vizsgálatnál a héliumnál nehezebb elemek gyakorisága (a csillagászatban ez a fémesség): a továbblépéshez szükséges lesz a csillagok pontos kémiai összetételének meghatározása spektroszkópiai vizsgálatokkal. Ha ezt a bizonytalansági tényezőt sikerül kiküszöbölni, még részletesebb összehasonlításokra lesz mód: pontosabban megismerhetjük az adott tömegű és kémiai összetételű csillagok belső szerkezetének változását a fősorozattól az óriáság felé, illetve a Napnak megfelelő és attól eltérő tömegű szekvenciák szerkezeti különbségeit is feltérképezhetjük. Ezekkel az eredményekkel pedig a csillagfejlődési modellek számos paraméterét, mint például a konvektív túllövés mértékét is pontosíthatjuk majd [8].

## Rotáció és evolúció

Bár sokszor nem veszünk róla tudomást, sem a modellekben, sem az észlelések értelmezésekor, a csillagok valójában forognak. (A rotáció elhanyagolásának persze sok oka lehet, például ha túl lassú ahhoz, hogy megfigyelhető legyen, vagy érdemben befolyásoljon jelenségeket.) Azonos  $n$  radiális és  $l$  horizontális, de eltérő  $m$  azimutális kvantumszámú módusok rotáció nélkül egyetlen frekvenciaértéknél jelennek meg a Fourier-spektrumban. Viszont, ha a csillag forog, az egyetlen frekvenciacsúcs felhasad az eltérő  $m$ -eknek megfelelő  $2l+1$  csúcsra – persze a megfigyelhetőség függ a forgás sebességétől és a mérési pontosságtól. De miért olyan fontos a forgás mérése? És főleg, mi nek a forgása?

A Naphoz hasonló, fősorozati csillagokban is kétféle rotáció zajlik. A konvektív köpeny differenciálisan rotál, az egyenlítőtől a pólusok felé csökkenő ütemben, míg beljebb, a köpeny radiatív része és a mag szilárd testként forog. Amikor aztán a csillag elhagyja a főágot és vörös óriássá válik, a szerkezete is átalakul. A köpeny kitágul, ennek következtében a forgás lelassul. A mag összehúzódik, amíg a hélium fúziójához megfelelőek nem lesznek a körülmények, és eközben felgyorsul. Azonban valamilyen csatolásnak fenn kell maradnia a két régió között, amely viszszalassítja a mag forgását, mert amikor a csillag életének végén fehér törpeként előbukkan, már ismét lassú ütemű forgást tapasztalunk. A probléma modellezési szempontból meglehetősen bonyolult: a forgással szorosan összefügg a mágneses tér és a konvekció is, és a három jelenség (hidrodinamika, oszcillációk és mágnesség) együtt felel az impulzusmomentum-transzportért, vagy a kémiai elemek keveredéséért a csillagban. Megkötéseket a megfigyelések adhatnak, a mag forgását pedig a kevert módusok felhasadásának detektálásával mérhetjük.

Az első vizsgálatok három vörös óriás esetében azt mutatták, hogy a mag legalább tízszer gyorsabban forog, mint a csillagok felszíne, vagyis valóban létezik a megjósolt, éles gradiens a szögsebességprofilban a mag felé [9]. A kis tömegű vörös óriás KIC7341231 esetében



3. ábra. A KIC7341231 csillag echelle-diagramja: lényegében a frekvenciaspektrum felszeletelve a nagy szeparáció modulója szerint, és az egyes szeletek egymás fölé helyezve. A modellekből származó értékeket a négyszögek jelzik: jól látható, hogy a mag gyors rotációja miatt az  $l = 1$  kevert módushoz tartozó csúcsok felhasadnak két tagra [10].

a rotációs felhasadások alapján a mag forgási periódusa 16,3 nap, míg a felszín 77 napnál lassabban fordul körbe, vagyis legalább ötszörös a különbség (3. ábra) [10]. A KIC5365621 esetén pedig még élesebb, legalább hússzoros [11]. Furcsa, hogy míg ezekben a szinte véletlenszerűen választott vörös óriásokban a forgási periódust ilyen mélyen, a sugár 1-2 százalékánál meg tudjuk határozni, addig, kevert módusok hiányában, a Nap négyötödénél nem jutottunk még beljebb.

Végül pedig háromszáz vörös óriás adatainak elemzéséből további következtetéseket lehetett levonni. A vörös óriás ágon található csillagok magja átlagosan gyorsabban forog, mint az idősebb, vörös kupacbeli (red clump – fémekben gazdag, héliumégető csillagok helye a Hertzsprung–Russell-diagramon) társaiké, de mindkét esetben egyértelmű gradiens található a rotációs profilban. Vagyis valóban zajlanak a magból a köpeny felé impulzusmomentumot szállító folyamatok a csillagokban, de nem elég erősek ahhoz, hogy ezen az időskálán teljesen kiegyenlítsék a különbséget [12].

## De igaz-e?

Mint láthattuk, az asztroszeizmológiai vizsgálatok egészen példátlan részleteket tudtak felfedni, mind egyedi csillagok esetében, mind pedig összehasonlító vizsgálatok során. Felmerül azonban a kérdés, hogy ezek az eredmények mennyire konzisztensek, mekkora szisztematikus hibával terheltek. Ennek kiderítésére a CoRoT és Kepler által megfigyelt, fényes (6-7 magnitúdós) csillagokról interferometrikus mérések készültek. A Mt. Wilsonon található CHARA távcsőrendszer, és annak PAVO nevű interferométere segítségével mérték meg 10 csillag szögátmérőjét. Ezekre a csillagokra pontos parallaxismérések is rendelkezésünkre állnak, a Hipparcos műholdnak hála, így lineáris méretük, a bolometrikus fluxus becsülésével pedig a felszíni hőmérsékletük meghatározható, és összehasonlítható az astrometriai eredményekkel.

Az összehasonlítás fényes eredményekkel zárult: az asztroszeizmológiai modellillesztéssel kapott sugár- és hőmérsékletadatok minden csillagra hibán belül megegyeztek az interferometrikus eredményekkel [13]. Azért is fontos eredmény ez, mert az asztroszeizmológiai összefüggések és modellek jelentős részben a Napról szerzett ismereteinken alapulnak, onnan vannak extrapolálva, és folyamatos vizsgálat tárgya, hogy ezek mennyire skálázhatók más csillagokra, egészen a vörös óriásokig. Elméleti megfontolások alapján például a legnagyobb teljesítményű frekvenciacsúcs ( $v_{\max}$ ), vagy a csúcsok közötti nagy szeparáció értéke ( $\Delta v = v_{n,l} - v_{n,l-1}$ ) a következők szerint skálázódik:

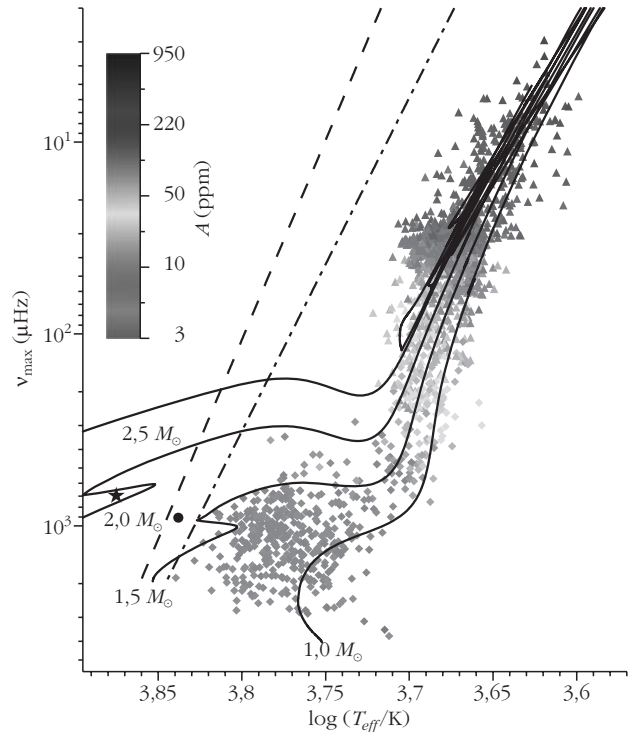
$$v_{\max} \approx \frac{M}{M_{\text{Nap}}} \left( \frac{T_{\text{eff}}}{T_{\text{eff,Nap}}} \right)^{3,5} \frac{L}{L_{\text{Nap}}} v_{\max, \text{Nap}},$$

$$\Delta v \approx \left( \frac{M}{M_{\text{Nap}}} \right)^{0,5} \left( \frac{T_{\text{eff}}}{T_{\text{eff,Nap}}} \right)^3 \left( \frac{L}{L_{\text{Nap}}} \right)^{0,75} \Delta v_{\text{Nap}}.$$

Hasonlóképpen az amplitúdók is skálázhatóak egy  $A \sim L^s/M^t$  arányosság szerint [14]. Csillagfejlődési modellek és a Kepler által megfigyelt csillagok adatainak összehasonlításával már igazolták, hogy a skálázási összefüggések megfelelőek, de az evolúciós modellek szintén tartalmazhatnak bizonytalanságokat. Az interferometrikus mérésekkel viszont kvázi függetlenül sikerült bizonyítani, hogy az asztroszeizmológiai eredmények igen pontosak: a csillagok sugárára például mindössze néhány százaléknyi eltérés adódott. A legnagyobb differenciát egy fémgazdag, fősorozati csillagnál találták, de ott is a csillagfejlődési modellek voltak leginkább problémái, az interferometrikus és asztroszeizmológiai illesztések közel voltak egymáshoz. Ez a vizsgálat tehát újabb igazolása annak, hogy a Nap-típusú oszcillációk modellezése igen hatékony eljárás a csillagok és ezen keresztül a körülöttük keringő bolygók jellemzőinek meghatározására.

## Két világ között

A Nap-típusú oszcillációkat mutató csillagokat hagyományosan nem sorolják a pulzáló változók közé: míg előbbieken a konvekció által sztochasztikusan gerjesztett, csillapodó rezgések kavalkádját látjuk, a pulzáló csillagokban általában kevesebb, de nagyobb amplitúdójú instabil módus jelenik meg, amelyeket általában a kappa-mechanizmus (az anyag opacitásának hőmérsékletfüggése) hajt a csillagok részleges ionizációs zónáiban. A két jelenség együttes fellépéséhez speciális körülményekre van szükség.



4. ábra. Együttes asztroszeizmológia: 1686+1 csillag adatai egy ábrán. A legnagyobb amplitúdójú oszcillációs csúcs frekvenciája ( $v_{\max}$ ) van ábrázolva az effektív hőmérséklet függvényében, mindkét mennyiség úgy skálázva, hogy a Hertzsprung–Russell-diagramra jellemző szerkezet megmaradjon (alul a fősorozati, feljebb az óriásági csillagok). A szükességi kód a  $v_{\max}$  csúcs amplitúdóját jelzi. A folytonos vonalak fejlődési utak, a két szaggatott és a fekete pont a  $\delta$  Scuti instabilitási sáv vörös szélének különböző meghatározásai. A fekete csillag a pulzációt és Nap típusú oszcillációkat is mutató HD 187547 helyét jelzi [14].

Az oszcillációk a konvektív köpenyben alakulnak ki, a köpeny pedig eltérő arányban van jelen különböző méretű, fősorozati csillagokban: a vörös törpék teljesen konvektívek, míg a Napnál nagyobb tömegű csillagokban egyre vékonyabb lesz ez a külső réteg, és végül 2 naptömeg és A színképtípus táján a csillag sugárához képest már csak 1% körüli. Ezt idáig csak elméleti megfontolások alapján lehetett kijelenteni, de az úrfotométerek eljövételével erre egyre pontosabb megfigyeléseket is kaphatunk. Két jelenséget is sikerült megfigyelni A típusú csillagokban, amelyek egyértelműen a konvekció jelenlétére utalnak. 2010-ben két, a francia CoRoT űrtávcső által megfigyelt, A2 színképtípusú delta Scuti csillagban detektáltak granulációt, vagyis a csillag felszínét elérő, folyton cserélődő konvektív cellák okozta mintázatok jelét [15]. 2011-ben pedig a Kepler űrtávcső egyik delta Scuti csillagánál, a HD 187547-nél sikerült a pulzációval egyidejűleg Nap-típusú oszcillációkat is megfigyelni. Ehhez 100 mikromagnitúdónál is kisebb fényváltozások detektálására volt szükség! A megfigyelések alapján ezekben a forró csillagokban is kialakulhat még 1%-nyi konvektív réteg, amelyben hatékony konvektív mozgások zajlanak [16]. Az úgy azonban még nincs lezárva: a Balatonalmádiiban tartott konferencián bemutatott újabb adatok alapján nem biztos, hogy az észlelt jelek „szimpla” Nap-típusú oszcillációk – kérdés viszont, hogy akkor mi okozhatja őket.



## A Kepler mellett és után

A Nap-típusú oszcillációk megfigyelése új ablakot nyitott a csillagokra: belső szerkezetük olyan finom részleteit is megismerhetjük, amelyekre idáig legfeljebb homályos tippjeink lehettek. De nemcsak a minőség, hanem a mennyiség is új lehetőségeket adott, hiszen immár több száz csillag adatait lehet összehasonlítani. Az ilyen mérésekhez természetesen extrém pontosságra van szükség, de ez a közeljövőben biztosítva lesz: bár a CoRoT a jelek szerint 2012 végére végleg meghibásodott, a Kepler és az apró, kanadai MOST miniűrtávcső továbbra is üzemel. Idén csatlakozott hozzájuk két nanoműhold az ausztriai BRITe-Constellation program keretében, amelyek az űrtávcsövek között új rekordot állítottak fel: lepipálva az eddigi legkisebb, változócsillagok megfigyelésére használt űreszközt, a WIRE műhold 5 cm-es csillagkövető kameráját: a két BRITe mindössze 3 cm-es átmérőjű optikával van felszerelve. Ezek segítségével az ég 534 legfényesebb csillagát tudják megfigyelni, egyszerre két optikai sávban is. Hasonlóan apró eszköznek tervezik az ExoplanetSat műholdat, ami a CubeSat platformot fogja használni, ugyanazt, mint a magyar Masat-1. A három 10 cm-es élhosszúságú kockából álló műholdba egy 85 mm-es objektív fér be, amellyel a legfényesebb csillagok körül fognak exobolygókat keresni. Egyik űrtávcsőnek sem a Nap-típusú oszcillációk megfigyelése lesz a fő célja, ám vélhetően mindkettő tudományos programjában jelen lesz ez a feladat is.

Az űr mellett a földfelszíni lehetőségek is bővülnek: a tervek szerint néhány hónapon belül beindul a SONG első távcsöve (5. ábra). A SONG (Stellar Observations Network Group) a tervek szerint nyolc darab, egy méteres tükörrel szerelt robottávcső hálózata lesz, amelyek közül négy-négy az északi és déli féltekén fog elhelyezkedni a bolygó négy eltérő földrajzi hosszúságú pontján, hogy legalább az egyik felett éppen éjszaka legyen. Így biztosítható, hogy az űrtávcsövekhez hasonlóan közel folyamatos megfigyeléseket végezzenek. Az űrbéli eszközökkel ellentétben azonban nemcsak



5. ábra. Pillanatkép a tenerifei SONG távcsövet mutató webkamera felvételéből. A spektrográf a távcsőtől külön, a kupolához kapcsolódó kiszolgálóépületben kapott helyet. A robottávcsőnek saját meteorológiai műszerei is vannak az épületen álló árbocon elhelyezve.

fotometriára, hanem nagyfelbontású spektroszkópiára is használni fogják a távcsöveket. Ez egyrészt az asztroszeizmológiai vizsgálatokhoz is fontos, másrészt exobolygók keresésére is alkalmas lesz, a radiálissebességmérési módszer által. Az első SONG távcső Tenerifén kapott helyet: a következő példány pedig már épül Kínában, hogy a csillagokra nyitott új ablakunk még sokáig szolgálhasson minket új információkkal.

### Irodalom

1. Szabó R., Derekas A., *Fizikai Szemle* 61 (2011) 222.
2. W. J. Chaplin, H. Kjeldsen, et al., *Science* 332 (2011) 213.
3. N. Batalha, W. J. Borucki, et al., *ApJ* 729 (2011) 27.
4. T. S. Metcalfe, W. J. Chaplin, et al., *ApJ* 748 (2012) L10.
5. P. G. Beck, T. R. Bedding, et al., *Science* 332 (2011) 205.
6. T. R. Bedding, B. Mosser, et al., *Nature* 471 (2011) 608.
7. M. P. Di Mauro, D. Cardini, et al., *MNRAS* 415 (2011) 3783.
8. V. Silva Aguirre, W. J. Chaplin, et al., *ApJ* 740 (2011) L2.
9. P. Beck, J. Montalbán, et al., *Nature* 481 (2012) 55.
10. S. Deheuvels, R. A. Garcia, et al., *ApJ* 756 (2012) 19.
11. M. J. Goupil, B. Mosser, et al., *A&A* 549 (2013) 75.
12. B. Mosser, M. J. Goupil, et al., *A&A* 548 (2012) 10.
13. D. Huber, M. J. Ireland, Bedding, et al., *ApJ* 760 (2012) 32.
14. D. Huber, T. R. Bedding, et al., *ApJ* 743 (2011) 143.
15. T. Kallinger, J. M. Matthews, *ApJ* 711 (2010) L35.
16. V. Antoci, G. Handler, et al., *Nature* 477 (2011) 570.

## Jobb egy mentőötlet mint öt mentő egylet

– írta Karinthy Frigyes az egyletistápolás margójára.

Most Társulatunknak lenne szüksége  
egyletmentő ötletekre!



Ezek az ötletek nem vesznek el,  
ha a <http://forum.elft.hu>  
linken, az ELFT stratégiai vitafórumán adjuk elő.

