

Bírálat

Derekas Alíz

Különleges pulzálók és kettősök: új kutatási eredmények űrcsillagászati, többszín-fotometriai és spektroszkópiai módszerekkel

című, az MTA doktora cím megszerzéséért benyújtott értekezéséről

A kettős és többszörös csillagrendszerek és a pulzálók külön-külön is az asztrofizikai kutatások kitüntetett fontosságú tárgyai, mindegyikük speciális lehetőségeket ad a csillagok fizikájának, fejlődésének jobb megismerésére. Kísérőcsillagok vagy bolygók jelenlétében módosulnak a rendszer megfigyelhető tulajdonságai, sőt maga a pulzáció, a pulzáló csillag életútja is. Az utóbbi évtizedek fotometriai megfigyeléseket végző űrobservatóriumai utat nyitottak ezeknek különleges rendszereknek vizsgálatához. Derekas Alíz értekezésének témája a kísérők hatásának vizsgálata különféle pulzáló és nem pulzáló csillagokra.

A 199 oldal terjedelmű értekezés nyolc fejezetből áll. Az első fejezet, a Bevezetés bemutatja a csillagpulzáció jellemzőit, a dolgozatban tanulmányozott pulzáló csillagok típusait és a fedési kettőscsillagokat, az árapályerők keltette oszcillációkat, és az utóbbi évtized űrcsillagászati programjaiban (CoRot, Kepler, TESS) felfedezett, kettős rendszerekben pulzáló csillagokat.

A második fejezet ismerteti a kutatások során használt műszereket: az űrtávcsöveket (Kepler, TESS) és a földi fotometriai és spektroszkópiai megfigyelésekhez használt, különböző földrészekben található műszereket, Kanadától Ausztráliáig, az ELTE Gothard Observatórium 50 cm-es távcsövével a 10 méteres Keck-1 teleszkópig. Megjegyzem, hogy a távcsövek megszerzése nagy felkészültséget és kapcsolati hálót feltételez, és természetesen az adatok feldolgozása is. A saját kutatások bemutatását a 3.–8. fejezetek tartalmazzák, minden fejezet más-más szempontból elemzi a kísérők hatását a pulzációra vagy a vizsgált csillag fejlődésére.

A 3. fejezet a HD 181068 fedési hármas rendszer felfedezését és analízisét ismerteti. A Kepler-fénygörbe, valamint spektroszkópiai és interferometriai mérések alapján a szerzők mindhárom komponens méretét, hőmérsékletét, radiálissebesség-változásait, pályaelemeit meghatározták, kimutatták az árapályerők által gerjesztett oszcillációk jelenlétét a legnagyobb tömegű komponensben, és magyarázatot adnak a Nap-típusú oszcillációk hiányára.

A 4. fejezet a WASP-33, δ Scuti típusú csillag bolygójának hatását vizsgálja a csillag pulzációjára a TESS fénygörbe alapján. A fénygörbe modellezésénél figyelembe vették a csillagfelszín gravitációs sötétedését. Árapályperturbált oszcillációk jelenlétét mutatták ki, valamint megállapították, hogy a csillag δ Sct – γ Dor hibrid pulzáló.

Az 5. fejezet a KIC 5709664 hibrid δ Sct – γ Dor pulzáló csillag kettősségének igazolásáról szól. A Kepler fénygörbéből fázismoduláció módszert alkalmazva, és nagy felbontású spektrumokon radiálissebesség-mérésekből egymástól függetlenül is, a két módszert kombinálva is meghatározták a kettős rendszer pályaelemeit. A fázismoduláció és a spektroszkópia jól egyező eredményeket adott.

A 6. fejezet 11 cefeida változócsillag spektroszkópiai kettősségének kimutatásáról szól, irodalmi adatok és saját radiálissebesség-mérések alapján.

A 7. fejezet a Kepler látómezőjében található egyetlen klasszikus cefeida, a V1154 Cygni vizsgálata a Kepler-fénygörbe alapján. A rendkívül pontos és hosszú adatsor a csillag olyan új tulajdonságait tárta fel, amelyeket földi megfigyelésekkel lehetetlen volna: a pulzációs periódus fluktuációját, egy ~ 159 napos periódusú modulációt, granulációs zajt.

A 8. fejezet egy új, extrém mély fedéseket mutató sdO+dM fedési kettős felfedezését és komplex fotometriai és spektroszkópiai vizsgálatát mutatja be. Meghatározták a komponensek fizikai paramétereit és pályaelemeit.

A pályázó a új tudományos eredményeket hat tézispontban foglalja össze, a tézispontok megfelelnek az egyes fejezetekben bemutatott eredményeknek.

A pulzáló változócsillagok különböző típusai a magyar csillagászati kutatások hagyományos tárgyai, ehhez csatlakozott az utóbbi évtizedekben a kettőscsillagok és exobolygórendszerek kutatása. Derekas Alíz munkájának témája igazodik ezekhez a hagyományokhoz, kutatási módszerei pedig az űrfotometriai és spektroszkópiai megfigyelések által támasztott új kihívásokhoz.

Az értekezés több mint tíz év kutatómunka eredményeit mutatja be, 10, nemzetközi együttműködésben készült, élvonalbeli folyóiratban publikált cikk alapján. Derekas Alíz a tízből hat cikkben első szerző, bizonyítva, hogy ennek a témának nemzetközileg elismert szakértője. A rendkívül nagy pontosságú űrfotometriai adatok és saját spektroszkópiai megfigyelések használatával, valamint a kutatótársadalom által kifejlesztett adatfeldolgozási és -elemzési módszerek, modellek, fénygörbe- és radiálissebesség-illesztő kódok, spektrumkönyvtárak, szintetikus spektrumok hozzáértő alkalmazásával a vizsgált csillagok fizikájáról és működéséről jelentős új, és további kutatásokat inspiráló megállapításokat tett. Az értekezés 3–8. fejezeteiben bemutatott és a tézispontokban összefoglalt eredményeit fontos új

tudományos eredményeknek tartom.

A magyar nyelvű értekezés fontos feladata a magyar tudományos nyelvi kultúra megteremtése és ápolása. Nemzetközi együttműködésben született és eredetileg angolul megfogalmazott eredmények közlése esetében ez komoly erőfeszítést igényel. Ez az értekezés ebből a szempontból is magas színvonalú. Néhány elírás, kifogásolható mondat szerkesztés előfordul (lásd lentebb).

Az értekezés alkalmas a nyilvános vitára és az MTA doktora cím megszerzésére.

Kritikai megjegyzések

- Az 1.3 ábra helyén ideillőbb lett volna saját készítésű, magyar nyelven feliratozott ábra, kiemelve azokat a csillagtípusokat, amelyekről szó van a dolgozatban (pl. sdO), és az ábra alatt megmagyarázva az egyes elnevezések, rövidítések jelentését. Az ábra forrásaként megjelölt hivatkozásból hiányzik az évszám, és nincs az irodalomjegyzékben.

- 1.1.2-ben elírás: korukat becslését

- A 2. fejezetből a műszerek felsorolásából hiányzik a CHARA interferométer.

- A 33. oldalon a 3.3 ábra alatt hiányzik a tengelyfelirat B és a különböző szimbólumok (körök, négyzetek, rombuszok) jelentése. Milyen adatok átlaga az 'egyes szkennelések átlaga mindegyik hullámhosszú csatormán'. A szövegből nem derül ki, mit jelent itt a 'legjobban illeszkedő modell'. Ha két, '156,3 m és 248,1 m hosszúságú alapvonalat' használtak, mit jelent a 'hosszabb alapvonalakon végzett megfigyelésekre vonatkozó (?) közelítés'?

- Két kis elírás is van ugyanitt: Hanbury Brown et al. (1974), és $V_2 V^2$ helyett

- 3.4 fejezet, 36. oldal: 'A paraméterek további ellenőrzésére Olsen (1993) Strömgren-fotometriáját használtuk. Moon & Dworetzky (1985) kalibrálásából a következőket kapjuk'....

A hivatkozott cikk B, A, F típusú csillagok Strömgren fotometriáját kalibrálja, a kapott $T_{\text{eff}} = 5200 \text{ K}$ messze kívül van az általuk vizsgált tartományon.

- Ugyanott: Miután a spektrumot korigáltuk a Doppler-sebességre – kicsit pongyola megfogalmazás

- 4. fejezet, 62. oldal: A csillagpulzáció módusai és a bolygó szöveget bezáró pályája által keltett árapályerők lehetséges hidrodinamikai kölcsönhatások valószínűsége vizsgálatára kiszámítottuk ...

A mintavétel és a smearing miatt ...

- 5. fejezet, 73. oldal: 'A PM módszer hangolható paramétere az a szegmensméret, amelyen keresztül az időképlettet mérjük. A rövidebb szegmensek finomabb érzékenységet biztosítanak a periasztron pályájára,'

(1) Nekem furcsa ez a késleltetés szó, nem inkább késésről van szó valamihez képest? Ha a magyar nyelvű szakirodalomban késleltetés honosodott meg... (2) A 'periasztron pályájára' – nem a periasztron pályájáról, hanem pulzáló komponens pályájáról van szó a periasztron közelében, ahol a leggyorsabban változik.

- Az 5.3 táblázatban a fázismoduláció (PM) módszer elnevezés átvált TD (time delay)-re.

- A 76. oldalon újra előkerül a 'periasztron pályája' : Míg a radiális sebességek a pálya pillanatnyi mérését jelenítik meg, az időképlettelési görbe adatainál 4 napos integrációt alkalmaztunk, ezért a periasztron pályáját alumintavételezik

- A Bevezetésben (7. oldal) azt olvassuk, hogy 'Kétféle pulzációs módot különböztetünk meg: p-módot (nyomási eredetű) és g módot (gravitációs eredetű).' A 79. oldalon szóba kerül az 'r módot pulzáció' is.

- A 6. fejezetben a 84. oldalon azt olvassuk, hogy: 'Amennyiben egy nyílthalmaz tartalmaz cefeidát, akkor a halmaz távolsága is meghatározható.' – Természetesen nem csak akkor, a nyílthalmazok távolságát nem elsősorban a cefeidákkal határozzák meg.

- Ennek a fejezetnek kis szépséghibája, hogy sok az ismétlődő szöveg: egyes csillagok bemutatásánál olyan információk vannak többször leírva, amelyek nem az adott csillag specifikus jellemzői.

Például a 99. oldal, az X Puppis periódusnövekedéséről:

Ezt az apró, de nem elhanyagolható hatást a csillagfejlődés okozza: míg a cefeida áthalad a Hertzsprung–Russell-diagram instabilitási sávján az alacsonyabb hőmérsékletek felé, a pulzációs periódusa növekszik.

105. oldal, AD Pup

Ezt a nagyon kicsi, de nem elhanyagolható periódusnövekedést a csillagfejlődés okozza: míg a cefeida keresztülhalad a Hertzsprung–Russell-diagram instabilitási sávján az alacsonyabb hőmérsékletek irányába, a pulzációs periódusa növekszik. Hosszú periódusú cefeidáknál nagyon gyakori a folyamatos (akár növekvő, akár csökkenő) periódusváltozás (Szabados, 1983).

119. oldal, RZ Vel

A periódus növekedése evolúciós okokra vezethető vissza: amikor Hertzsprung–Russell-diagram instabilitási sávját keresztezve az alacsonyabb hőmérsékletek felé halad a cefeida, akkor a pulzációs periódus növekszik. A hosszú periódusú cefeidáknál nagyon gyakori a folyamatosan akár növekvő, akár csökkenő periódusváltozás (Szabados, 1983).

- 7. fejezet, 159. oldal: $\tau_{\text{eff}} = (3,0 \pm 0,4 \times 10^5 \text{ másodperc})$ – hiányzik egy zárójel

- 170. oldal : Handler et al. (2002) és Han et al. (2003) kettősök populációszintézisét hajtották végre – az idézett Handler et al. cikk nem erről szól.

- 171. oldal: standarddal módszerekkel redukáltuk ki
- 184. oldal : átható, hogy
- Tézisfüzet : a tézisekhez kapcsolódó 11 felsorolt publikáció közül a [6] számú olyan (referátlan) konferenciakiadvány, amelynek nincs szabadon elérhető változata.

Kérdések

(1) A 80. oldalon a kísérő csillag feltjainak frekvenciájából kapott 2,53 napos forgási periódusról a következő, kissé nehezen követhető mondatot olvashatjuk:

Míg ez viszonylag gyors egy ilyen tömegű csillagnál, a nagyobb tömegű főkomponens rövidebb ideig tartó fősorozat előtti fázisa során a forgás a koronggal történő mágneses kölcsönhatás révén lassult, így a másodkomponens viszonylag gyorsan forog.

Kérdés: Hogyan lehetne ezt világosabbá tenni? Miért térhet el ennek a csillagnak a rotációs periódusa a hozzá hasonlókétól?

(2) A Gaia adatbázisokban vannak a csillagok kettősségére utaló mutatók. A 6. fejezetben vizsgált cefeidák Gaia adatai utalnak a kettősségre?

(3) Kis ellentmondásban van az X Puppisról tett megállapítás :

'Az X Pup spektroszkópai kettősségének megerősítéséhez további megfigyelésekre van szükség, mert a legkorábbi, Joy által majdnem egy évszázaddal ezelőtt mért adatok gyenge minőségűek.'

a fejezet összefoglalásával: 'Mindegyik esetben sikerült a gamma-sebességek változását kimutatni, ami egyértelműen arra utal, hogy a vizsgált cefeida kettős rendszer tagja.'

Az X Puppison kívül az AY Sgr, XX Sgr és AD Puppis radiálissebesség-változásainak megállapításában is kulcsfontosságúak voltak Joy 1937-es, hasonlóan nagy szórású és megbízható nullpontú mérései.

Kérdés: Mitől gyenge minőségűek egyedül az X Puppis esetében ezek a régi adatok?

(4) A Konkoly J064029.1+385652.2 nevű csillagot észlelte a TESS és a Gaia. Tudnak ezek az adatok új információt adni erről a kettősről?

Budapest, 2023. november 27.

Kun Mária