



Változócsillagok

Változós érdekességek innen-onnan

A χ Cygni évszázados periódusváltozása

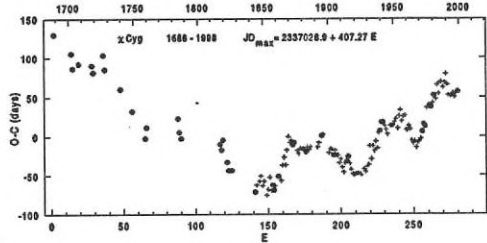
A χ Cygni mira típusú pulzáló vörös óriáscsillag amatőr szempontból egyik legfontosabb jellemzője, hogy a jól észlelt változók közül ennek van a legnagyobb vizuális amplitúdója, ami néha még a 10^m -t is eléri (azaz maximumban 10 ezerszer fényesebb is lehet, mint minimumban!). Változását Gottfried Kirch vette észre, aki 1686 júliusában a Nova 11 Vulpeculae (16 évvel korábban fedezték fel) észlelési kísérlete közben nem találta a Bayer-féle, 1603-as kiadású Uranometria χ -vel jelölt csillagát a Cygnusban. Kirch a továbbiakban követte a csillagmező változásait, amit 1686. október 19-én siker koronázott a χ Cyg újraészlelése alakjában, 5 magnitúdós fényesség körül. Ez a legelső dokumentált maximum-észlelés a χ Cyg-ről, így a csillag egyike a legrégebben ismert változóknak.

A felfedezés után 1738-ig főleg G. Kirch és Christfried Kirch észlelte, ritkábban Cassini és Halley is megbecsülte a fényességét. Az igazán szisztematikusan észlelése azonban csak Argelander és kortársai, különösen J. Schmidt által kezdődött, míg a 20. sz. elejétől gyakorlatilag megszakításmentes fénygörbe áll rendelkezésre. Ezt a bő három évszázados adatsort vizsgálta meg C. Sterken, E. Broens (Brüsszeli Egyetem) és C. Koen (Dél-Afrikai Csillagászati Obszervatórium) a χ Cyg pulzációs periódusának időbeli változásai szempontjából.

Már Gottfried Kirch megállapította, hogy a χ Cyg periódusa valamivel hosszabb, mint 400 nap. Maraldi 1713-ban észrevette, hogy a maximumtól maximumig terjedő idő akár egy hónapot is „lötyöghet”, ugyanis időnként 13, néha pedig 14 hónap telt el két fényesség-maximum között. Olbers 1816-ban kísérletet tett a más észlelők által is leírt periódusváltozás, jelesül hosszabbodás, matematikai leírására, ám kudarcot vallott. Argelander 1869-ben másodfokú időfüggés bevezetésével próbálkozott, amit Rosenberg 1906-ban továbbfejlesztett, ám ezek a leírások még nem vették figyelembe a tanulmányozott rendszer asztrofizikai összetettségét. A mirák, mint a Hertzsprung–Russell-diagram aszimptotikus óriáságának csillagai, egy viszonylag rövid csillagfejlődési állapotot reprezentálnak. A fúziós reakciók a már energiát nem termelő sűrű szén/oxigén magjuk körül elhelyezkedő vékony héliumhéjban történnek. A héliumhéj addig ég, amíg az alapanyag hélium szinte teljesen átalakul szénre, ilyenkor a héj összehúzódik, aminek következtében a korábbi héliumhéj feletti hidrogénhéjban indulnak be a fúziós reakciók. Ekkor ismét felépül a héliumhéj, abban ismét beindul az energiatermelés és az egész folyamat néhányszor megismétlődik. Ezeket hívjuk héliumhéj fellobbanásoknak, amelyek a külső megfigyelő számára a csillag belsejének teljes átrendeződése nyomán fellépő periódusváltozásokban jelennek meg (l. Meteor 1994/9., 42. old.). Így a mirák

esetleges hosszútávú periódusváltozása (növekedése vagy csökkenése) rámutathat a belsejükben lejátszódó egzotikus folyamatokra. Ezt azonban megnehezíti, hogy a mirákban az energiaterjedés igen nagy mértékben konvektív, azaz nagyléptékű belső gázmozgások szállítják az energiát a külső tartományok felé (ugyanúgy, mint a forrásban levő víz esetében). A konvekció pedig a pulzációval foglalkozó szakemberek rémálmainak fő okozója, ugyanis véletlenszerűen „elrontja” a csillagrezgések szabályosságát.

Sterken és munkatársai a periódusváltozást elsősorban az O–C (olv. „o mínusz cé”) diagrammal vizsgálták meg. Ez egy olyan ábra, amely az idő függvényében ábrázolja a megfigyelt („obszervált”) és a valamilyen feltételezett periódussal számított („kalkulált”) maximumidőpontok különbségét. Könnyen belátható, hogy állandó periódus mellett ez egy egyenes lesz, míg időben változó periódus valamilyen görbe mentén elhelyezkedő pontokat eredményez. Mellékelt ábránkon a χ Cyg 300 évet átfogó teljes O–C diagramja látható az összegyűjtött vizuális fényességbecslések alapján. A diagram két fő jellegzetességgel bír: egyrészt hosszútávon egy lassú változás látható, amit a csillag periódusának lassú növekedése okozhat, illetve erre ráülnek ismétlődő másodlagos hullámok közel egy nagyságrenddel rövidebb idővel. A szerzők igen részletes szignifikancia-vizsgálatokat végeztek (C. Koen a téma egyik neves szakértője), és azt találták, hogy a lassú periódusnövekedés igen nagy valószínűséggel ténylegesen létezik, ugyanakkor a másodlagos hullámok eloszlása egyszerű zajjal is magyarázható, amit a konvekció okoz (a rezgésekhez hozzáadódik egy zajkomponens is).



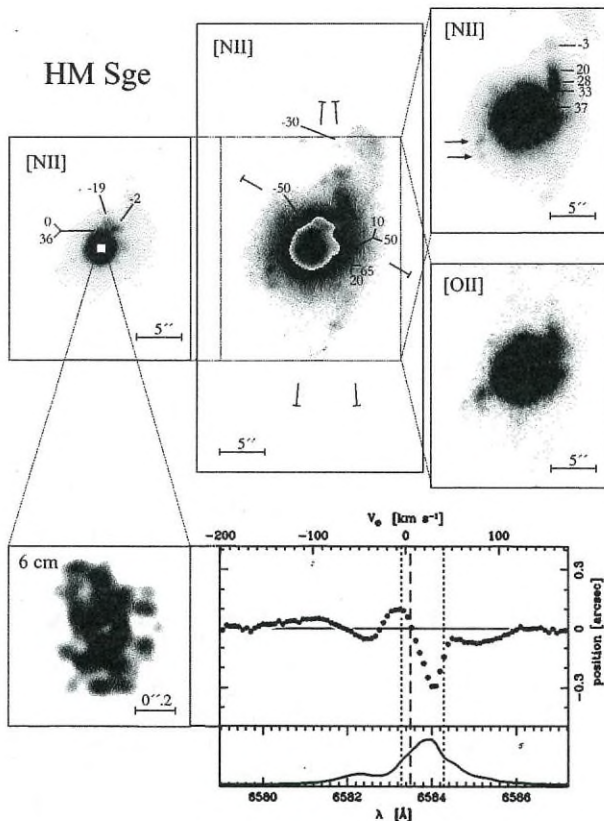
Az eredmények szerint a χ Cyg periódusa 0,013 nappal hosszabbodik évente, azaz a felfedezése óta 4 nappal nőtt meg a periódus értéke. Wood és Zarro (1981) számításai alapján a megfigyelt változások egy 0,6–0,9 M_{\odot} tömegű csillagmaggal egyeztethetők össze. További érdekes következtetés, hogy csillagfejlődési szempontból a χ Cyg valószínűleg a héliumhéj kiégése után dominánssá váló hidrogénhéj állapotában jár. (C. Sterken, E. Broens, C. Koen, 1999, *On the period history of chi Cygni*, A&A 342, 167)

A HM Sagittae és V1016 Cygni csillagkörüli anyagfelhője

A szimbiotikus változócsillagok olyan kölcsönható kettőscsillagok, melyekben általában egy vörös óriáscsillag alkot kettős rendszert egy fehér törpével. A kölcsönhatás oka a vörös óriás irányából a fehér törpére érkező tömegátadás, amely egy akkréciós korongon keresztül a rendszer összfényességét meghatározó módon befolyásolja. Maga a „szimbiotikus” jelző arra utal, hogy ezen változócsillagok színképe érdekes kettősséget mutat, ugyanis az optikai színképben egyszerre látható a forró komponens kék, illetve a hideg komponens vörös színben uralkodó jelenléte. Emellett olyan, ún. nebuláris emissziós vonalakat is meg lehet figyelni, amelyek a planetáris ködökre jellemzők. Mindezek alapján a szimbiotikus csillagok igen komplex és bonyolult viselkedésű rendszerek, amelyek különböző észlelésekkel igen eltérő szempontból vizsgálhatók meg.

Néhány jól dokumentált esettől eltekintve (pl. R Aqr, BI Cru) nagyon kevés csillagnál rendelkezünk részletes képpel a rendszert övező ionizált felhőről. Ezek tanulmányozásával a tömegvesztés évezredes időskálán lejátszódó változásairól kaphatunk képet, amelyek modellezésével mind a csillagok múltjába, mind az esetleges jövőjébe vehetünk pillantást. R.L.M. Corradi (Kanári-szigeteki Asztrofizikai Intézet) és munkatársai három olyan rendszert vizsgáltak meg, melyek közül kettő része az MCSE Változócsillag Szakcsoport észlelési programjának is. Ezekre térünk ki röviden az alábbiakban.

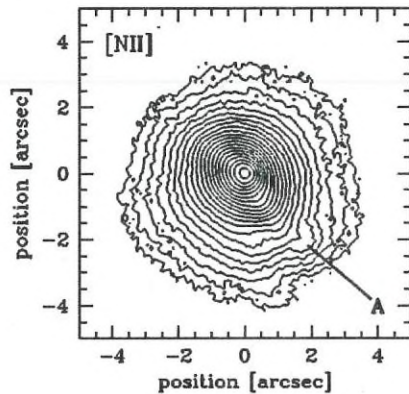
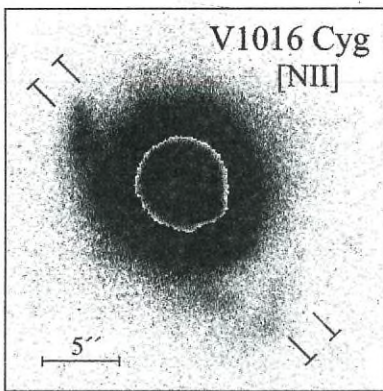
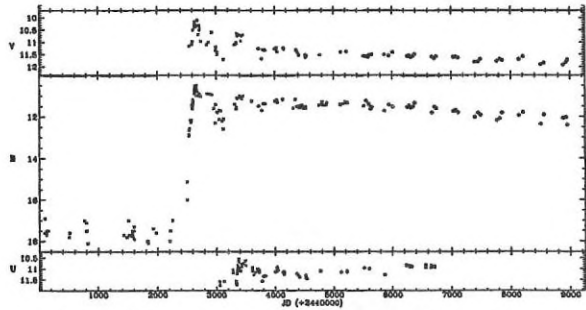
A HM Sge egy szimbiotikus nóva, amely 1975-ben igen rövid idő alatt 6^m -t fényesedve érte el a 10^m körüli maximumfényességét. UVB sávokban készült fénygörbéjét a következő oldalon mutatjuk be. Az ábra B. Yudin (Sternberg Csillagászati Intézet, Moszkva) és munkatársai 1969 és 1993 közötti méréseit tartalmazza. Hasonló múlttal rendelkezik a V1016 Cygni is, melynek nóvaszerű kitörése 1965-ben következett be.



A feldolgozott mérések a La Palma-i 2,6 m-es Nordic Optical Telescope-pal (NOT) készültek 1997-ben. Valamivel több mint $0",1$ /pixeles felbontású képeket vettek fel különböző nebuláris vonalak (semleges és ionizált oxigén, hidrogén és nitrogén —

[OI], [OII], [OIII], $H\alpha$, [NII] — vonalak) hullámhosszszán. A ködök belső mozgásait kétdimenziós spektrumok felvételével lehetett megvizsgálni.

A HM Sge körül egy igen bonyolult szerkezetű, jó 30"-es ködöt találtak. Ennek három fő összetevője van: fényes mag néhány felbontott csomóval (ábra, bal oldali panelek), ív mentén eloszló közepes fényességű csomócskák (ábra, jobb oldalon) és egy halvány, diffúz komponens (ábra, közép). A spektrumok alapján a belső sebességek változatos értékeket vesznek fel, a rendszer tömegközéppontjához képest -50 km/s-tól $+65$ km/s-ig terjednek.



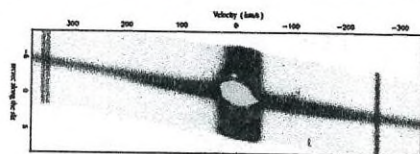
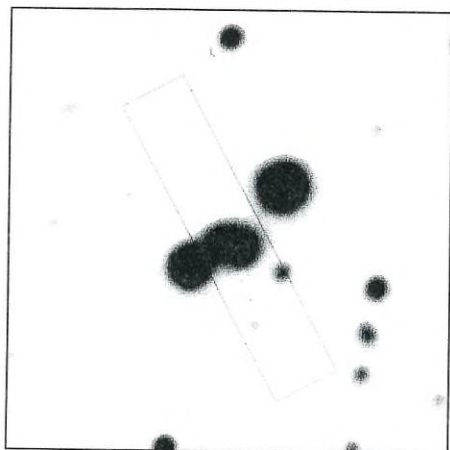
Ennél jóval egyszerűbb a V1016 Cygni esete. Mint az a mellékelt ábrán látható, kb. 20"-es, enyhén elnyúlt köd veszi körül. A színeképekből -60 km/s és $+135$ km/s közötti belső sebességek adódtak.

A nagyfelbontású képek és a sebességmérések egyaránt arra utalnak, hogy a 20–30 évvel ezelőtt történt kitörések során a kettős rendszer pályasíkjára enyhén hajló síkban történt az anyagledobás. A mért sebességek és szögátmérők alapján pedig a HM Sge távolsága 2000, a V1016 Cyg távolsága pedig 3300 parszek. (R.L.M. Corradi, O.E. Ferrer, H.E. Schwarz, E. Brandi, L. García, *The optical nebulae around the symbiotic Miras He 2-147, HM Sagittae and V1016 Cygni*, 1999, A&A 348, 978)

Újdonságok az SN 1987A-ról

Legutóbb (Meteor 1998/3, 38. o.) a Nagy Magellán-felhőben 1987-ben felrobbant SN 1987A körüli anyagkorong várható felfényesedéséről írtunk, amelyet az 1997 végén elvégzett Hubble Űrtávcsöves mérések alapján jósoltak a kutatók. A jelenség hátterében az áll, hogy a néhány ezer évvel ezelőtti intenzív anyagledobás révén kialakult anyagkorongot ezekben a hónapokban éri el a szupernóva-robbanás lökéshulláma. Idén nyáron az Európai Déli Observatórium (ESO) folyamatosan épülő, és a

befejezése után 4 db 8,2 m-es távcsőből álló Very Large Telescope (VLT) újonnan átadott UVES spektrográfiával, illetve a FORS1 műszerével vizsgálták meg a szupernóva-maradvány jelenlegi állapotát.



Felső képünkön középen látható az SN 1987A, amelyet két, viszonylag fényes csillag övez $4,5$ távolságban. Jól látszik, hogy a gyűrű jobb oldali fele már felfényesedett. A ferdén berajzolt $2''$ széles téglalap jelöli a kétdimenziós spektrumok látómezéjét. Alsó ábránkon egy $1''$ széles kétdimenziós spektrumot láthatunk, amely a hidrogén Balmer-alfa emissziós vonalát mutatja. A vízszintes tengelyen a laboratóriumi hullámhosszhoz viszonyított Doppler-eltérésből adódó sebesség, a függőleges tengelyen pedig az ívmásodpercben kifejezett pozíció a spektrográf része mentén van feltüntetve. Néhány jellegzetes összetevő különböztethető meg. A középen látható elnyúlt emissziós mag a gyűrűből származik, amelynek az elnyúltsága abból ered, hogy egyaránt rálátunk a gyűrű túlsó és innenső oldalára, amelyek különböző sebességgel mozognak a viszonylag lassú tágulás miatt. A két kis csomó alul és felül a rendszernek homok-

óra jelleget adó két külső gyűrűből ered, amelyek az első képen nem látszanak. A sebességtengely irányában kiterjedt emissziós gerincet a belső gyűrűn belüli anyag adja, amely már találkozott a robbanás lökéshullámával és nagyon nagy sebességváltozások lépnek fel benne. A -10 km/s-nál az egész részen végignyúló halvány emisszió nem a szupernóvából, hanem a Nagy Magellán-felhő intersztelláris hidrogénfelhőiből származik. Az új észlelések megerősítik a közel két éves előrejelzést, azaz látványos változásoknak lehetünk szemtanúi a közeli jövőben. (ESO PR-15/99)

Megjelent: Változócsillagok fénygörbéi 1993–1997

Öt év után ismét megjelent az MCSE Változócsillag Szakcsoport munkáját reprezentatív műntán bemutató kiadványunk, a Változócsillagok fénygörbéi, ezúttal az 1993–1997 közötti észlelésekből válogatva (Bebesi Zsófia, Csák Balázs és Kiss László munkája). 205 amatőr közel 120 ezer egyedi észlelése alapján 199 csillag fénygörbéje készült el, amelyek segítségével áttekinthetők a magyar amatőrök észlelési szokásai, illetve kiválaszthatók a látványos fényváltozású csillagok. Az észlelőlistáról kilencvenen már október folyamán tiszteletpéldányt kaptak, további érdeklődők az MCSE-től rendelhetik meg, rózsaszín postautalványon (ára tagoknak 200 Ft).

Összeállította: Kiss László