

Változócsillagok

Változó kettőscsillagok – kettős változócsillagok

A megfigyelt fényváltozás létrehozásában sok esetben a kettőscsillag-természet játszik döntő szerepet. Ebben a cikkben igyekszünk bemutatni, hogy milyen kapcsolódási pontokat lehet találni a kettőscsillagok és a változócsillagok között – néha talán meglepő, vagy új szempontok szerint csoportosítva e cikk erejéig a fényváltozásokat.

A csillagok döntő részben kettős- vagy többszörös csillagrendszerek tagjai. A 100 parszeken belüli mintegy 10 000 csillag 80%-a kettős csillagrendszer tagja. Távollabra tekintve ez az arány tág határok között mozog: az α Persei Halmazban a csillagok mintegy 9%-a, a Plejádokban 67%-a többszörös csillagrendszer tagja. Eltérés tapasztalható a gyakoriságban a különböző nyílthalmazok, de a nyílthalmazok és a mezőcsillagok között is. Azonban azt lehet mondani, hogy a csillagok mintegy 60-65%-a tartozik kettős rendszerbe. Az alábbiakban szűkítjük az általános szempontokat, és a változócsillagok kettősségével kapcsolatos érdekességekből válogatunk.

Pulzáló változócsillagok

A pulzáció oka általános esetben a csillag belső részeiben lejátszódó fizikai folyamatok. Van azonban egy-két ettől eltérő eset, ahol a pulzáció eredete egészen más: kívülről érkező hatás és nem belső szerkezeti okok hozzák létre. Egy kísérőcsillag hatása – az árapályerők okán – deformálja a csillagot, amely ennek hatására rezgésbe jöhet. Ha a pálya erősen ellipszis alakú, periasztronban egészen más nagyságú erő éri a csillagokat, mint apasztronban, így periodikus gerjesztést figyelhetünk meg: az egyik – vagy mindkettő! – csillag kényszerrezgésbe jöhet. Mivel a gerjesztő erő nagysága és iránya egészen pontosan ismert, a csillagok tulajdonságainak megismerésére jól használható effektusnak bizonyulhat a közeljövőben. Ugyancsak izgalmas területnek ígérkezik egy olyan kettős rendszerbeli kényszerpulzáció tanulmányozása, ahol a gerjesztő mechanizmus a tömegátadással kapcsolatos. Számos olyan kettőscsillag ismeretes (az amatőrcsillagászok számára leginkább a törpe nóvák és más kataklizmikus rendszerek ismerősek), ahol az egyik komponensről a másikra anyag áramlik át. Az anyagátadás lehet szakaszos vagy folyamatos, és történet akkrációs korongon keresztül vagy a gázáram közvetlenül az anyagnyerő csillag felszínére csapódhat be. Ez utóbbi esetben a becsapódás helyéről felületi hullámok indulhatnak ki, hasonlóan egy pocsolyába dobott kavics által keltett víz hullámokhoz. Ezek kis amplitúdójú változások, de kimutatásuk – nyilvánvalóan CCD-vel rendelkező amatőröknek is – izgalmas felfedezésekhez vezethet.

A δ Scuti csillagok esetében is szerepet játszik a kettősség. Sok esetben figyelték már meg, hogy ezek a mintegy egy órás periódusidőhöz közeli, egyidejűleg akár tucatnál is több periódussal pulzáló változócsillagok esetében egyes periódusokat a kí-

sérőcsillag árapályereje által keltett effektusok „kiölnék”, másokat felerősítenek, és az amplitúdók is eltérhetnek a magányos δ Scuti csillagoknál megszokottakhoz képest.

A kozmológiai távolságokon lévő galaxisok távolságmérésében fontos szerepet játszanak a cefeidák, illetve – kisebb abszolút fényességük okán kisebb szerephez jutva – az RR Lyrae csillagok. Érdekes tény, hogy eddig egyetlen esetben sem figyeltek meg teljes biztonsággal azonosítható módon kettős rendszerben RR Lyrae-t, ugyanakkor a cefeidák mintegy negyede-fele rendelkezik kísérő csillaggal. Ilyenkor az észlelő csillagász a két csillag együttes fényét detektálja, ami adott esetben kimutathatóan módosíthatja a cefeidák színét és fényességét, ezzel pedig újabb bizonytalanság jelenik meg a periódus–fényesség reláció alkalmazásában. Szélsőséges esetben akár az extragalaktikus távolságmérést is szisztematikusan meghamisíthatják a rejtőzködő cefeida-kísérők.

Nóvarendszerek és Ia típusú szupernóvák

Amíg a pulzáló változócsillagoknál az előbb írtak ellenére a kettősség mégis csak mellérendelt szerepet játszik a fényváltozás létrehozásában, addig a kitérőcses változásoknál már sokkal fontosabb a kettősség szerepe. Ezekben a rendszerekben kettősség nélkül elképzelhetetlen lenne az a fénygörbemenet, amit megfigyelünk. Az ún. donor csillagról átáramló anyag az akkréciós korongon keresztül eljut a másik csillag (legtöbb esetben fehér törpe, ritkábban neutroncsillag) felszínére, majd ott nukleáris láncreakciót indít meg (ha elér egy bizonyos kritikus sűrűséget és hőmérsékletet az átadott anyagmennyiség). Donor csillag nélkül ez nem következhetne be. Mivel a korábbi években a kataklizmikus változókról magyar nyelven is több cikk jelent meg, most csak a kettősség döntő szerepére utalunk.

A legszorosabb kettőscsillagok

Határesetben egy kettőscsillag két komponense elérheti a maximális közelséget, ami nem más, mint az érintkezés állapota. (Másképp fogalmazva a két csillag középpontjának távolsága éppen egyenlő a csillagok sugarának összegével.) Ezeket teljesen általánosan érintkező (vagy kontakt) kettőscsillagoknak hívjuk, ugyanakkor használatos még a W UMa típusú csillagok megjelölés is. Periódusuk egy napnál rövidebb, a fényváltozás legfeljebb 0,8 magnitúdó. Sok csillagász komolyan felveti annak a lehetőségét, hogy egyes W UMa csillagokból a későbbi fejlődésük során az Ia típusú szupernóvák progenitorai (szülőobjektumai) lesznek. Mivel a progenitorokról alig tudni valamit, asztrofizikailag fontos lenne minél többet megismerni e csillagokról – ha lenne a szakcsillagásznak elegendő távcsőidejük a sok-sok érintkező kettőscsillag tanulmányozására. (A Galaxisban a leggyakoribb csillagfajta éppen a W UMa típus!)

Érdekes megfigyelési tény, hogy a W UMa csillagoknak mind a periódusa, mind a fénygörbéje változik. A periódus változását okozhatja harmadik test jelenléte, a két csillag közötti tömegátadás, stb. Nagyon érdekes, hogy sikerült már gyenge kapcsolatot kimutatni a periódus változása és egyes W UMa csillagok komponensei felszínén feltűnő hatalmas csillagfoltok között. A jelenséget azonban részletesebben kell tanulmányozni: igen fontos lenne, ha amatőrcsillagászok is bekapcsolódnának ebbe a munkába, elsősorban minimumok pontos időpontjának mérésével. Ajánlható célpontok lehetnek: SW Lacertae, VW Cephei, U Pegasi, AK Herculis, V842 Herculis. Gyakran szélsőséges értékű periódusváltozások is előfordulnak: 3,1 s/évszázad (UZ

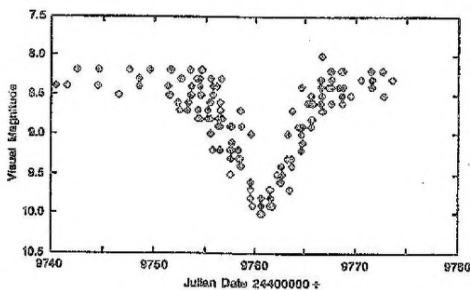
Leo), 2,7 s/évszázad (V839 Oph), de rekordernek az XY Boo tűnik (5,3 s/évszázad). Sajnos egyik csillagról sincs sok mérés. Gyanúsnak tűnik az előzőekben már említett V842 Her, amely mutathat akár 8–30 s/évszázad nagyságú periódusváltozást, csak éppen ezt vizuális adatokból nem lehet perdöntően kimutatni. Másik lehetőség, hogy a csillag konstans periódusú: a kérdés eldöntéséhez nagy szükség lenne további mérésekre CCD-vel rendelkező amatőrök részéről is. (A V842 Her egy mindössze 10 magnitúdós csillag, amelynek fedési jellege csak 1993-ban derült ki: addig feltételezett változóként szerepelt, NSV 7457 néven. Egy friss tanulmány e csillagról csak 14 CCD-vel készült minimummészlelést tudott felsorolni, ami kétségbeejtően kevés a periódus tanulmányozásához, nem is említve azt, hogy a hosszú távú változások tanulmányozásához az 1993 óta eltelt nyolc év nem elegendő. A CCD-vel rendelkező amatőröknek kiválóan hasznosítható munkaterületet jelenthet az alig ismert, gyors változásokat mutató W UMa csillagok minimummészlelése.) Az itt említett csillagok mindegyikéről lehet a tudományban felhasználható munkát végezni.

Új kettőscsillagok

Akár amatőr csillagász is fedezhet fel katalogizálatlan kettőscsillagot, erről a Meteorban is olvashattunk korábban. Az igazán érdekes azonban új fedési kettőscsillagok felfedezése, mert ezeknek geometriai és fizikai paraméterei (pl. a pálya mérete, a komponensek tömege, sugara, luminozitása, hőmérséklete stb.) meghatározhatóak már a fénygörbéből is, segítve ezzel a csillagászokat pontos asztrofizikai adatok meghatározásában.

Hogy nincs felfedezve még az összes fényes fedési kettőscsillag, arra D.H. Kaiser amerikai amatőr csillagász mutatott példát mintegy másfél évtizeddel ezelőtt, amikor észrevette, hogy a BD +17°1281 jelű 8^m,2-s csillag hirtelen elhalványodott, majd újra kifényesedett. A fedés amplitúdója 1^m,8-nak (!) adódott, maga a jelenség 12–14 napig tartott. Később sikerült évtizedekkel korábbi felvételeken megtalálni a csillagot, néha fedésben, így a periódust 1259 napban (mintegy 3,45 év) határozták meg. A rendszer asztrofizikailag igen érdekes, mert a pályaeccentricitás igen nagy ($e = 0,515$). A változós körökben OW Geminorum néven ismert csillagról annak idején a Meteor is beszámolt (l. Meteor 1989/9). A következő főminimum 2002. január 3-án várható, így egy igazán érdekes és különleges rendszer megfigyelését ejthetjük meg az év végi ünnepek alatt. Mint azt a mellékelt fénygörbén láthatjuk, a fedés közel 15 napig tart, így a csillag követését már karácsony előtt elkezdhetjük, és egész január közepéig folytathatjuk – ki tudja, mennyire pontosak az előrejelzések! Részletes keresőterképet a Jelenségnaptárban közlünk.

Még nagyobb meglepetést okozott a Hipparcos műhold által felfedezett mintegy háromszázötven új fedési változócsillag, amelyek mindegyike fényesebb 9–10 mag-



Az OW Geminorum 1995-ös főminimuma amerikai amatőr csillagászok vizuális észlelései alapján

nitúdónál. Legtöbbjükről csak egyetlen minimumészlelés van: izgalmas, fontos feladat lehet az amatőrcsillagászok számára ezeknek a fényes, nem egyszer 7–8 magnitúdós csillagok olyan alapvető paraméterének a megállapítása, mint pl. a periódus!

Nagyon fontos lenne – a szakcsillagászok számára rendszerint túl fényes – excentrikus Hipparcos kettősök amatőrcsillagászok általi észlelése, pl. a V397 Cep ($V = 7^m,4 - 7^m,8$), V744 Cas ($V = 8^m,44 - 8^m,70$), stb. Az általános relativitáselmélet tesztelésére használt ilyen jellegű excentrikus fedési kettőscsillagok iránt érdeklődők dr. Hegedüs Tiborral vegyék fel a kapcsolatot (hege@electra.bajaobs.hu). Több problémás eset is van, erről pl. Cooper és Walker Csillagok távcsővégen c. könyvéből lehet tájékozódni (a könyv az MCSE-től beszerezhető). Jelenleg mintegy 100 olyan fedési változócsillag van, amelynél a pálya fél nagytengelyének – az általános relativitáselmélet által megjósolt – elfordulását megfigyelték, azonban nem minden esetben (DI Her, AS Cam, V1143 Cyg stb.) kapták a várt értéket. Vajon csak a megfigyelések száma kicsi, és azok sem megfelelő pontosságúak, vagy valami másról van szó? Amatőrcsillagászok éjszakánként két-három órányi munkával már sokat segíthetnének a kérdés eldöntésében.

Igazi szenzációt jelentett a δ Velorum fényváltozásának tavalyi felfedezése (a Galileo szonda pozícióérzékelő kamerájával, l. még Meteor 2001/5). Jelenleg ez a legfényesebb ismert fedési kettőscsillag az égbolton. A δ Velorum (2^m) 45 naponként produkál egy fedést, aminek következtében a csillag $0^m,3$ -val halványodik el. Vajon hány ilyen fényes fedési változócsillag rejtőzködhet még az égen? Ennek kiderítése szintén izgalmas feladat lehet amatőrök számára is.

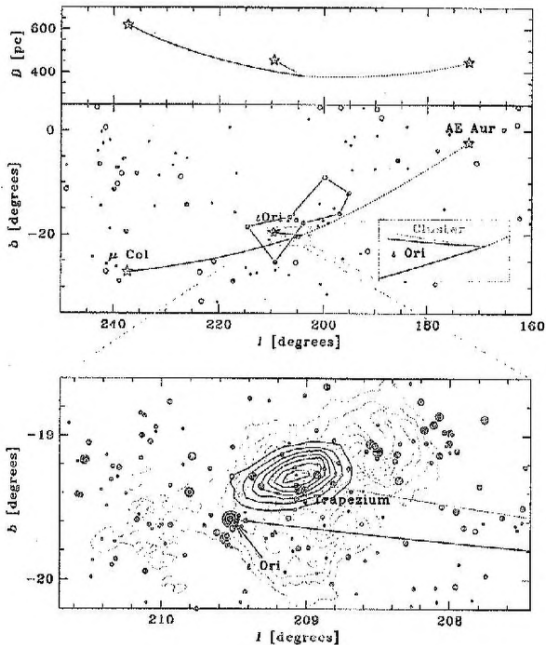
CSIZMADIA SZILÁRD–KISS LÁSZLÓ

Címlapunkon: az AE Aurigae

Az AE Aurigae egy érdekes és különös O típusú csillag, jellemzően 6 magnitúdós fényességgel és kis amplitúdójú szabálytalan fényváltozással. 1600 fényéves távolsága alapján abszolút fényessége $-2^m,5$ körüli. Különlegessége többért. Az IC 405 jelű diffúz köd előtt látszik és az elképzelések szerint a köd az AE Aur reflexiós ködje. $18'$ -es átmérője a rendszer távolságánál 9 fényéves valódi méretnek felel meg. A köd és a csillag jelenlegi társulása azonban a véletlen műve, ugyanis míg az AE Aur 65 km/s -os sebességgel távolodik tőlünk, addig az IC 405 radiális sebessége csak 23 km/s . A kék és vörös fotókon markáns különbségek látszanak, amit az IC 405 eltérő eloszlású por- és gáztartalma okoz. A megfigyelt eloszlások és az AE Aur pozíciójának, valamint mozgásának összevetése alapján csillagászati értelemben csak nemrég kezdődött a két objektum kölcsönhatása (a forró AE Aur még nem tudta intenzív sugárzásával teljesen ionizálni a körülötte levő gázt).

Az AE Aur másik érdekessége igen nagy térbeli sebessége, ami miatt az ún. szökevény (angolul runaway) csillagok prototípusa. Éves sajátmozgása $0,03''$, ami a radiális sebességgel és távolsággal összevetve 144 km/s nagyságú térbeli sebességet eredményez, ez pedig igen nagy a szokványos értékekhez viszonyítva. Már az 1950-es években felvetődött, hogy mozgását visszaszámolva az Orion-köd csillagkeletkezési régiójához jutunk, és hogy az AE Aur esetleg onnan szökött el durván 3 millió évvel ezelőtt. Az AE Aur-hoz hasonlóan nagy térbeli sebességű még a μ Columbae és az 53

Arietis, és ha ezek pályáját is visszaszámítjuk, egészen pontosan metszik egymást az Orion-köd néhány fokok környezetében.



Az AE Aur, μ Col és ι Ori időben visszaszámított pályái. Felül: a három csillag által megtett utak a 2,5 millió évvel ezelőtti kölcsönhatás óta. Középen: Mindez az égen, az Orion csillagképpel. Alul: Valószínűsíthetően mindhárom csillag az M42-ből szökött el, aminek helyete 2,5 millió évvel ezelőtt egybeesett a három csillag pozíciójával

A legújabb modellek szerint az AE Aur és μ Col a rendkívüli sebességükre (144 km/s és 135 km/s) egy szoros kettős-kettős kölcsönhatás révén tettek szert, amelyben az AE Aur és a μ Col alkotta az egyik szoros kettőst, a másik pedig a ma is nagy excentricitású kettősként megfigyelhető ι Ori. 2,5 millió évvel ezelőtt a négy csillag rendkívül közel haladt el egymáshoz, ami a bonyolult kölcsönös gravitációs kölcsönhatásokon keresztül akkora impulzust és perdületet adott a μ Col-nak és az AE Aur-nak, hogy azok nagy sebességgel kidobódtak az ideiglenesen négyes rendszerből. Mellékelt ábránkon Hoogerwerf és munkatársai (2001) számításait mutatjuk be. Az AE Aur fényváltozása minimális, így vizuális észleléseinek nincs sok értelme. Ám távcsöves bemutatások alkalmával érdekes lehet bemutatni és elmesélni a rendszer izgalmaiban bővelkedő történetét.

KISS LÁSZLÓ