

AM Herculis 1892–2005

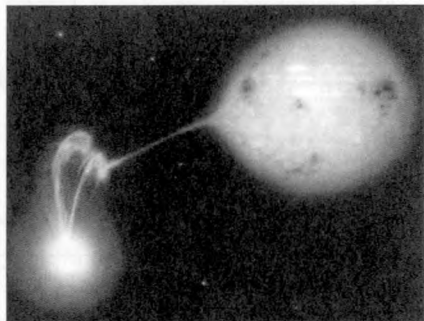
Mágneses fehér törpék kettős rendszerekben

A mágneses kataklizmikus változócsillagok (mCV) szoros kölcsönható kettős rendszerek, melyekben egy kistömegű vörös törpe anyagot ad át az erősen mágnesezett fehér törpe főkomponensnek. Törpecsillagok szoros kettőseihez méltóan a keringési periódusok rendkívül rövidek, jellemzően alig 1,3–5 óra közé esnek. A fehér törpe mágneses tere kb. egymilliószor-százmilliószor erősebb a földmágneses térnél, aminek legdrámaibb megnyilvánulása, hogy ezekben a rendszerekben az átadott tömeg nem képes létrehozni az egyéb kataklizmikus változókra oly jellemző anyagbefogási (akkréciós) korongot, hanem követve a mágneses tér erővonalait egyenesen átáramlik a fehér törpe felszínére. Legtöbb mCV erős röntgensugárzás forrása, s ez ad arra is magyarázatot, hogy sokukat röntgenfelvételek során fedezték fel.

Két altípust szokás megkülönböztetni az mCV-k között: a polárokat és az átmeneti polárokat, melyek közül a polárokat hívjuk még AM Her típusú csillagoknak is. A polárok rendkívül erős mágneses tere nemcsak az akkréciós korong akkréciós oszloppá való elfajulását okozza, hanem a komponenseket nagy pontossággal szuperkötött keringésű pályára szorítja (mindkét csillag forgási periódusa jó közelítéssel megegyezik a keringési periódussal). Az átmeneti polárok mágneses tere jóval gyengébb, a rendszerben kialakul az akkréciós korong, amelynek a közepén a mágneses tér miatt kialakuló lyuk található (mint egy közepén lyukas fánk), a fehér törpe pedig sokszor gyors forgású, jellemzően tízszer gyorsabb a keringési periódusnál.

Fotometriai szempontból a polárok legjellemzőbb tulajdonsága a fényes és halvány állapotok közötti váltakozás, amely mind az optikai, mind a röntgentartomány-

ban megfigyelhető jelenség. Mivel akkréciós korong nincs, ezért a fényváltozást nem a törpenóváknál megszokott korongbeli folyamatok okozzák. Az egyetlen fizikai magyarázat a két csillag közötti tömegátadás sebességének ingadozása két szélsőséges érték között. A sokak által elfogadott elméleti kép szerint a tömeget adó vörös törpe légkörének mágneses aktivitása állhat a háttérben. Livio és Pringle 1994-ben publikált csillagfoltos elmélete szerint ha a vörös törpén kialakul egy nagyobb csillagfolt, ami vándorlása során a tömegátadás helyszínéül szolgáló belső Lagrange-pont irányába kerül, a lokálisan eltérő légköri paraméterek összjátékaként ideiglenesen leállhat a tömegátadás. A heurisztikus modell részleteit azonban soha nem sikerült tisztázni, s valójában nem nagyon tudjuk, hogy mi okozza a fényes és halvány állapotok váltakozását.



Egy polár fantáziarajza. A balra lent levő fehér törpe mágneses erővonalai mentén alakul ki az akkréciós oszlop

Az AM Herculis a legfényesebb polár, amelynek keringési periódusa mindössze 185,6 perc, fényessége pedig 13,0 és 15,5 között ingadozik mindenféle időskálán. A XX. század patrolprogramjainak köszönhetően több mint száz évre visszanyúló ismereteink vannak fényváltozásáról. Változócsillagként Max Wolf heidelbergi csilla-

gász fedezte fel 1923-ban, de a rendszer igazi komplexitására csak 1976-ban derült fény, amikor felfedezték röntgensugárzását az Uhuru röntgenműhold mérései alapján. Egy 1978-as vizsgálat még nem talált egyértelmű jeleket elkülönülő halvány állapotra, de 1993-ban Götz igazolta a két önállóan létező szélső állapot szignifikanciáját, nagyjából hasonló előfordulási valószínűséggel (azaz elegendően hosszú idő alatt az AM Her kb. ugyanannyi időt tölt fényes állapotban, mint halványban).

Egy 2004-ben publikált tanulmány (Ramsay és munkatársai) az XMM-Newton és ROSAT műholdak egyszerű méréseit felhasználva azt vizsgálta, hogy polárok nagy mintájából mire lehet következtetni a fényes/halvány állapotok gyakoriságára. A 37 poláron alapuló felmérés szerint többszöreges időben pillanatfelvételt készítve a polároknak kb. fele található minimumban. Mindez azért érdekes, mert a tömegátadási folyamatok ingadozásaira vonatkozó elméleteknek is „tudniuk kell” ezt a tulajdonságot.

A statisztikus fizika jól ismeri az időbeli átlag és a sokaságra vett átlag közötti hasonlóság és különbözőség jelentőségét. Kinwah Wu (University College London) és Kiss László (University of Sydney) a röntgenfelmérések sok csillagon alapuló statisztikáját hasonlították össze az AM Her 113 évet átfedő fénygörbéjének vizsgálatával, illetve egyszerű számításokat végeztek a fényes/halvány átmenetek fizikai okára vonatkozóan.

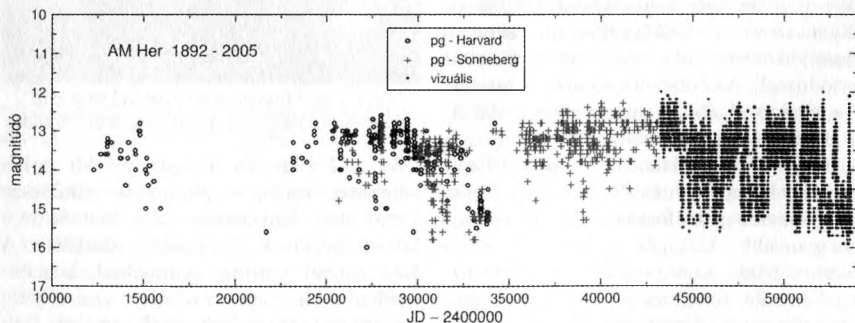
Az AM Her fénygörbéje

Három adatsor összetételével sikerült rekonstruálni az AM Her minden eddiginél teljesebb fénygörbéjét (l. mellékelt ábránkat). Időbeli sorrend szerint:

1. A harvardi fotólemez-archívumban 348 kék lemezt sikerült fellelni, amelyek 1892. július 18. és 1952. július 23. között készültek (a legkorábbi fotólemez 1890. augusztus elejére datálódik, de az AM Her abban az időben éppen halványabb volt a lemez határfényességénél). Ezeket a lemezeket jelen sorok írója mérte ki fotovizuálisan, a GSC 2.2 csillagkatalógus magnitúdóit felhasználva, az egyedi pontok becsült hibája $\pm 0,1-0,2$ magnitúdó (l. még Meteor, 2006/5, 44-51. o.).

2. A Sonnebergi Observatórium fotólemezéről Hudec és Meinunger 1977-ben 600 db fénygörbepontot mért ki az 1928 és 1976 közötti időszakra. 23 esetben a harvardi és sonnebergi lemezek ugyanazon az éjszakán készültek, s a publikált, ill. frissen kimért fényességek átlagos eltérése mindössze 0,08 magnitúdó volt, azaz a két forrás adatai nagyon jó összhangban állnak.

3. A legtöbb adat, 17 704 db egyedi vizuális fényességbecslés az AAVSO adatbázisából származik, ezek azonban csak 1977 közepétől állnak rendelkezésre. (Ezek az adatok tartalmazzák a magyar amatőrök észleléseit is.) A rövid távú változások, illetve a vizuális becslések nagyobb hibái miatt 10 napos átlagokat számítottunk.

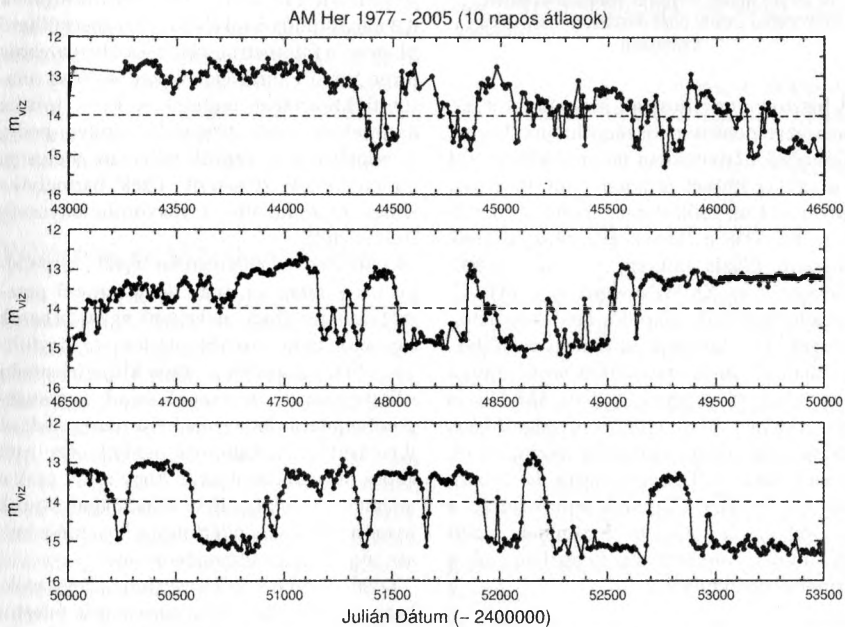


Az AM Her kombinált fotografikus és vizuális fénygörbéje 1892 és 2005 között

A fotografikus adatok meglehetősen ritkásak időben, pl. a harvardi lemezek átlagos időtávolsága 35 nap, a sonnebergieké 30 nap – azaz átlagosan havonta egy pont született a két patrolprogramnak köszönhetően. Mindazonáltal még így is képet kaphatunk a csillag fényességének hosszú távú eloszlásáról, ami összevethető a lényegében teljesen folyamatos vizuális görbe statisztikájával. A kb. 3 magnitúdónyi teljes fényváltozási tartomány lényegében változatlan maradt a bő egy évszázad alatt, s noha vannak utalások hosszú távú enyhe átlagfényesség-változásokra, alapvetően a fényes/halvány átmenetek dominálják az adatsort.

gyakorlott szem sem: a csillag fénygörbéje nagy mértékben szimmetrikus a fényes és halvány állapotokra tükrözve. Azaz nincs sem kitüntetett leszálló, sem felszálló ág a görbén, az AM Her lényegében kétállású kapcsolóként ugrál két, szinte teljesen ekvivalens állapot között.

Az átlaggörbe alapján meghatározhatóvá váltak a fényes és halvány állapotok egyedi időtartamai, illetve az összesített időtartamok; a fényes állapotok 10-től 1400 napig terjedtek, a halványak pedig 10-től 700 napig. Egy-egy átváltás a fényes és halvány helyzet között átlagosan 10–30 napig tart. Pusztán ezen adatokból a maximumban tartózkodás esélye valamivel 60% fölötti.

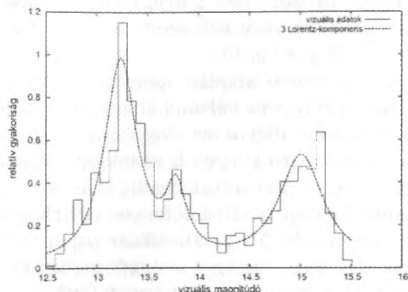


Az AM Her tiznapos átlagpontjai vizuális észlelések alapján

Következő ábránk a vizuális fénygörbe tiznapos átlagpontjait mutatja be három panelre szétbontva. Érdekes egy egyszerű kísérletet végezni: nézzük meg először jól a görbét, majd fordítsuk fejjel lefelé, s újra szemléljük meg tüzetesen! Valójában semmi különbséget nem érez még a

Egy pontosabb becslés is született, amihez az átlagolt fénygörbe hisztogramját használtuk fel. Az alábbi ábrán a különböző fényességtételek relatív gyakorisága látható, s jól elkülönül a bal oldali fényes és a jobb oldali halvány állapot. Különböző teszttel statisztikusan szignifikánsnak adódott egy

harmadik komponens is $13,7^m$ -s fényesség-nél, ami az átlagolt görbék felső és középső paneljén látható halványabb maximumfényességeknek felel meg.



Az átlagolt vizuális fénygörbe hisztogramja három komponensű Lorentz-profil illesztésével (részletek a szövegben)

A hisztogramra illesztett függvényeket fel-összegezve pontosan kiszámíthatjuk, hogy a különböző állapotokban mennyi időt töltött el a csillag (mivel minden pont 10 napot reprezentál az időtartományban). Az eredmény 62–63% a fényes állapotra, aminek a becslt hibája mintegy 1%. Ez enyhén különbözik az XMM-Newton és a ROSAT röntgenméréseink alapuló eredményektől, amelyek kb. 50–50% eloszlást sugalltak. Azonban a minták statisztikus szempontból nem voltak túl nagyok, így az AM Her-re kapott időbeli átlag nem tér el szignifikáns módon a sokaságra számított eredménytől. Mindez arra utal, hogy bármi is okozza a fényes/halvány állapotok váltakozását, a jelenség alapjai nagyon hasonlóak lehetnek minden rendszerben, függetlenül pl. a keringési periódustól.

Elméleti megfontolások

Egyszerű nagyságrendi becslések alapján megvizsgáltuk a fénygörbe alapján a fényesség és tömegátadás változásainak kapcsolatát, illetve összevetettünk két elméleti elképzelést az állapotváltozások fizikai mechanizmusáról.

A részleteket mellőzve az alkalmazott

gondolatmenet a következő volt. Mágneses kataklizmikus változókra a rendszer legfényesebb komponense az akkréciós oszlop, minden más messze halványabb, különösen az optikai tartományban. Egy tömegbefogó fehér törpe teljes sugárzási teljesítménye függ a csillag tömegétől és sugarától, illetve a tömegátadás sebességétől (pl. naptömeg/év egységben). Viszonylag egyszerű asztrofizikai összefüggések alapján könnyen belátható, hogy a vizuális fényesség arányos a tömeget átadó vörös törpe légköri paramétereivel (pl. sűrűség, hőmérsékleti profil a tömegátadás pontjában), így a fotometriai változások ezek fluktuációival állnak szoros kapcsolatban. A fényes állapot hisztogramjára illesztett Lorentz-görbe felszelességének 0,3 magnitúdós értékéből így megbecsülhető pl. hogy a fotometriai változásokhoz a vörös törpe légköri sűrűségének kell 40%-os relatív fluktuációkat mutatni, vagy a lokális hangsebességnek 20%-nyit, esetleg pedig a hőmérsékleti profilt jellemző mélységi paraméternek 20%-nyit. Ezek bármelyike képes reprodukálni a maximumfényesség fluktuációit.

Mindezek és a fénygörbe egyéb, terjedelmi okok miatt itt nem részletezhető paraméterei azonban nehezen egyeztethetők össze a Livio és Pringle-féle csillagfolt-moddellel, amelyben a vörös törpe felszínén véletlenszerűen keletkező foltok Lagrange-pontba jutása „kapcsolja ki” a tömegátadást. Rádadásul a csillagfoltos modell arra sem képes magyarázatot adni, hogy miért csak a mágneses kataklizmikus változóknak látunk ilyen hatásokat, s miért nincs hasonló jelenség pl. normális törpenóvákban.

Ezzel szemben ha kiszámítjuk, hogy mekkora az AM Her vörös törpéjének felszíni légköri nyomása (10^3 – 10^4 erg/cm³), és figyelembe vesszük, hogy a sugárzási tér energiasűrűsége nagyságrendileg 10^6 erg/cm³, akkor a fehér törpe mágneses térének a vörös törpe felszínén érvényes energiasűrűségére kapott 10^9 erg/cm³ érték jelzi, hogy a gázanyag mozgására ható legerősebb tényező maga a fehér törpe, illetve mágneses tere. Ezen gondolat jegyében

vetettük fel azt a hipotézist, hogy az AM Her ide-oda billenéseit a két fényességállapot között inkább a fehér törpe mágneses terének globális változásai okozhatják. Erre vonatkozóan léteznek elméletek, amelyek a szuperkötött keringés és forgástól való kis eltérésekből levezetik a fehér törpe körüli mágneses tér lassú ingadozásait. Amennyiben az elképzelés helyes, a mágneses tér méréseivel tetten érhető a fényes és halvány állapot közötti átmenet során lejátszódó mágneses átrendeződés, ami a jelen és közeljövő érzékeny spektropolarimétereivel talán nem is reménytelen vállalkozás.

Észleljük az AM Her-t!

Jó három évtizede már, hogy az AM Her megnyitotta a változócsillagászat „Polárok és egyéb mágneses katalizmikus változócsillagok” című oldalát. Mint a fentiekben részletezett vizsgálat is jelzi, közel sem értünk még mindent ezzel a ritka változó-

csillag-típussal kapcsolatban, s a versengő elméletek ellenőrzésére nemcsak érzékeny új mérések alkalmasak, hanem a változós adatbázisok sok évtizedre visszanyúló megfigyelései is. A 13 és 16 magnitúdó közé eső fényesség közepes és nagytávcsöves vizuális észleléseket igényel, CCD-vel pedig lényegében bármilyen távcsővel bármilyen holdfázis mellett nyomon követhető változásai. A rövid keringési periódus miatt érdekes lehet folyamatos idősort is mérni műszerrel, több órán keresztül, de a minden éjjel egy fénybecslés is nagyon hasznos lehet a fényes/halvány váltások biztos detektálásához. Az AM Her észlelőterképét a Jelenségnaptárban közöljük, észleléseihez pedig mindenkinek sok derült éjszakát kívánunk.

Wu, K. és Kiss L.L.,
2008, *A&A*, 481, 433 cikke alapján:

Kiss László

Változások az AAVSO adatküldésben

Az Amerikai Változócsillag-észlelők Szervezete (AAVSO) 13 évvel ezelőtt tette lehetővé, hogy az észlelők megfigyeléseiket elektronikus formában (e-mailben, később közvetlenül a szervezeten weboldalán) küldjék be, egységes, jól meghatározott formátumban. Az informatika fejlődésében azonban 13 év nagy idő, azok a megfontolások, amik annak idején a formátum kialakításánál szerepet játszottak, mára elvesztették jelentőségüket, más követelmények viszont újonnan jelentkeztek.

Az utóbbi években jelentősen megnőtt a CCD-s észlelők száma. Ez az észlelési mód mind technikájában, mind a kezelendő adatok mennyiségében olyannyira eltér a vizuálistól, hogy célszerűnek látszott külön formátumot létrehozni a nem vizuális eszközöket használók számára. Aki mindkét észlelési ágat műveli, azok ezentúl két külön fájlban lesznek kénytelenek megfigyeléseiket beküldeni.

Össze lehet azonban vonni több észlelő megfigyeléseit. Ez azok számára egyszerűsíti az életet, akik például észlelőtáborok összegyűjtött megfigyeléseit szándékoznak beküldeni.

A változók nevéhez eddig szorosan kötődött a Harvard-szám, ami tulajdonképpen a csillag 1900-as koordinátájának kerekített értéke. Kitalálása idején úgy tűnt, hogy a változók eléggé távol esnek egymástól, hogy ne kapjanak azonos Harvard-számot. Később, amikor ez mégis bekövetkezett, kiegészítették a Harvard-számot az A, B, C,... betűkkel. Jelenleg, az újonnan felfedezett változócsillagok hatalmas mennyisége miatt a Harvard-szám már nem alkalmas az objektumok megkülönböztetésére (gondoljunk csak az Orion-kód több száz, azonos Harvard-számú változójára).

Ezért az AAVSO a jövőben nem támogatja a Harvard-szám használatát, helyette egy egyedi azonosítót (AUID, AAVSO Unique Identifier) társít minden változóhoz, és a

