

Változócsillagok

Változós hírek

Társ szervezeteink munkájáról II.

Több mint egy évtizede állunk szoros kapcsolatban a francia AFOEV-vel (Association Française des Observateurs d'Etoiles Variables), mely egyike a legnagyobb hagyományokkal rendelkező európai változós szervezetnek. Az AFOEV révén számos európai észlelőprogramba bekapcsolódtunk, és ugyancsak ez a szervezet "egyengette" észleléseink útját a strasbourgi CDS-hez, egy igen jelentős csillagászati adatközponthoz.

A korábbi évek gyakorlata az volt, hogy a magyar észlelők adataikért cserébe megkapták az AFOEV Bulletin-t, amely valamennyi beérkezett észlelést rövid átfutási idővel közöl. Sajnos az utóbbi években erre már nincs mód, ugyanis az AFOEV anyagi helyzete többé nem engedi meg, hogy a magyar észlelők "tömegeit" az AFOEV Bulletin-nel ellássa.

Az AFOEV-hez (akárcsak az AAVSO-hoz) automatikusan eljuttatjuk a magyar észlelők adatait, és nem is keveset, amint az az AFOEV Bulletin 60. számából kiderül. Itt jelent meg az 1991-es év AFOEV-összefoglalója, melyből kiderül, hogy 1991-ben 74873 észlelést végzett 193 megfigyelő — és ebből a 75 magyar észlelő közel 20 ezer adattal részesül. Így talán érthető, hogy a 200 példányban nyomott AFOEV Bulletin ingyenes küldését nem tudják vállalni minden egyes magyar észlelőnek...

A már említett 1991-es év észlelési eredményeit — híven az AFOEV hagyományaihoz — két részletben ismertetik. Valamennyi általuk észlelt mira maximum- és minimumidőpontját közlik, és ugyanezt teszik a törpe nóvák maximumaival. Természetesen bemutatják az érdekesebb, látványosabb fénygörbéket is. (Vajon mi mikor leszünk ilyen "naprakész helyzetben"?!...)

A 60. számban az utóbbi két és fél évtized SR- és RV Tau fénygörbéit mutatják be (Jean Gunther munkája), talán hihetetlen, de egy oldalra 14 változó fénygörbéje jut... Az ily módon bemutatott észlelések inkább csak a feldolgozni szándékozók dolgát könnyítik meg — a fényváltozás jellege nem nagyon látszik a görbékben, az viszont igen, hogy mennyire folyamatosak az adatsorok.

A 61. számban Arunas Kucinkas 17 SR változó statisztikai analizisét ismerteti, természetesen AFOEV-adatok alapján. A 62. AFOEV Bulletin ismerteti a változócsillag típusokat — úgy látszik, ezt érdemes időről időre megtenni, tekintettel a téma dinamikus fejlődésére. Dominique Proust a Chateau-Renard-i észlelőállomást mutatja be, mely az Alpokban található, 2990 m-es magasságban. Az itt felállított 62 cm-es Cassegrain-teleszkóp (kiegészítő berendezésekkel együtt) az AFOEV tagjai számára is használható, amennyiben megfelelő észlelőprogrammal jelentkezik. (Mzs)

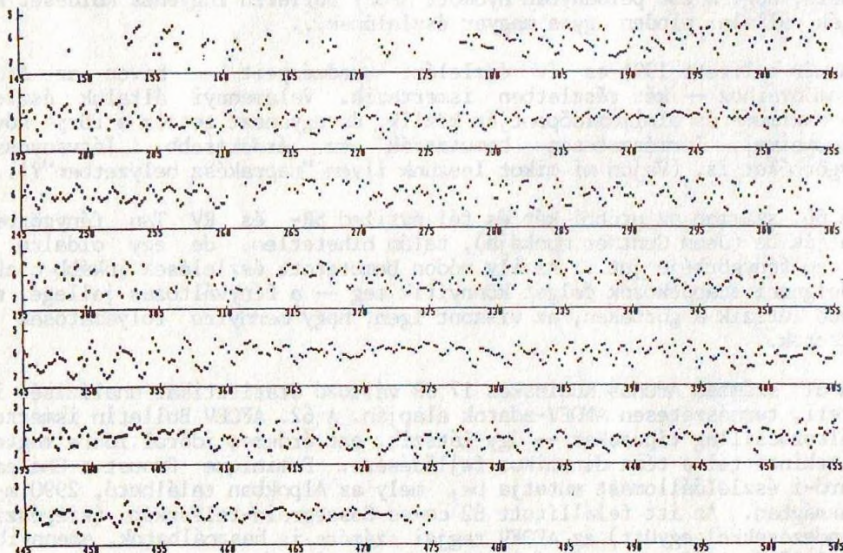
W Cygni 1971-1992

A W Cygni (SRb) fényváltozását Gore fedezte fel 1885-ben. A század elején végzett vizsgálatok 130 és 250 nap körüli periódusokat mutattak. A csillag fontosabb adatai:

213244	HD 205730	SAO 51079	BD +44° 3877	SRb
	$\alpha_{2000} = 21^{\text{h}}36^{\text{m}}02^{\text{s}},2$		$\delta_{2000} = +45^{\circ}22'29''$	
	Max = 6,8	Min = 8,9	(fotografikus, GCVS)	
	Max = 5,2	Min = 7,6	(vizuális, PVH)	
	V = 5,53	B-V = +1,58	(Sky Catalogue 2000.0)	
	V = 5,53	B-V = +1,58	U-B = +1,24	R-I = +2,14
			(Bright Star Cat. Suppl.)	
12 μm =349,08	25 μm =142,32	60 μm =21,65	100 μm =7,86	(Jansky)
				(IRAS Point Source Catalog)
Spektrum: M4e-M6e (Tc:) III IR forrás (GCVS)				
Periódus: 131,1, 235,3 (GCVS)				
6060 ^d , 1000 ^d , 227 ^d , 127 ^d (Meteor 1985/6.)				

1. táblázat

Az 1. ábra J. J. Howarth (Journal of BAA, 1991.) alapján a csillag e században produkált fényváltozását mutatja. A görbe 20 napos átlagolással BAA észleléseket felhasználva készült. A korábbi eredmények felsorolása helyett Howarth megállapításaira és a fénygörbére támaszkodva foglaljuk össze a csillag fényváltozásának jellemzőit. Az adatsor Fourier analízise 130 és 235 nap körüli periódusokat adott. Mindkét periódus értéknél több csúcs jelentkezett, a központi csúcsok P=130,52 és P=234,35 nap.



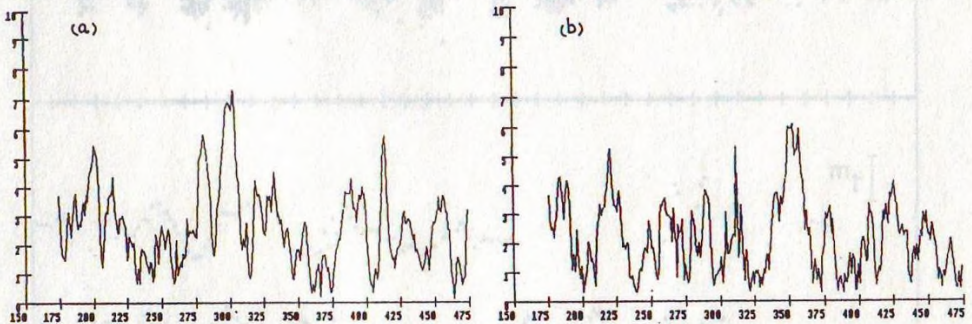
1. ábra A W Cyg fényváltozása JD 2415000-2447500 között

A fénygörbére tekintve látható, hogy a két periódus közül hol az egyik, hol a másik dominál, kivéve a konstans fényességű időszakokat. Ugyancsak jól követhető az átlagfényesség ingadozása, azonban ebben a változásban nehéz lenne bármilyen szabályosságot kimutatni. A 2. ábra az ún. moving window (mozgó ablak) technikával készült, és azt mutatja, hogy a $P=234,35$ (b) és a $P=130,52$ (a) napos periódusok milyen amplitúdóval szerepeltek a fényváltozásban 1900 és 1989 között. E két ábra igazolja azt a fénygörbe alapján felmerült gyanút, hogy ezek a rezgések erősen változó intenzitással vesznek részt a fénygörbe alakításában. (Meg kell jegyezni, hogy a módszerrel szemben bizonyos fenntartásaink is vannak, hiszen a periódus kismértékű változását az eljárás nem képes kimutatni, illetve a periódusváltozás az ábrán amplitúdóváltozásként jelentkezik.)

Az ilyen hosszú és folyamatos adatsorok lehetővé tehetik az esetleges módusváltás tanulmányozását. Ilyenkor aránylag rövid idő alatt a pulzáció energiája ill. amplitúdója az egyik rezgési módusból áttevődik egy másikba, valószínűleg a vörös óriások kaotikus jellegű oszcillációja miatt. A pulzációelmélet szempontjából kiemelkedő jelentőségű lenne a módusváltás tényének megbízható kimutatása. Fénygörbéje alapján a W Cyg esetében a rövidebb illetve a hosszabb periódus időszakos felcserélődése is ezzel a jelenséggel lehet kapcsolatos.

A 70-es években végzett spektroszkópiai vizsgálatok erős Mg II emissziót mutattak, technécium jelenléte is gyanítható. Hagen és munkatársai szerint a csillag tömegvesztése $2-6 \cdot 10^{-8} M_{\odot}$ évente. Eggen vizsgálatai szerint a W Cyg kora kb. $5 \cdot 10^8$ év.

A csillagról a *Meteor 1985/6.* számában jelent már meg feldolgozás: Szamary-Mizser *W Cygni 1973-1984.*



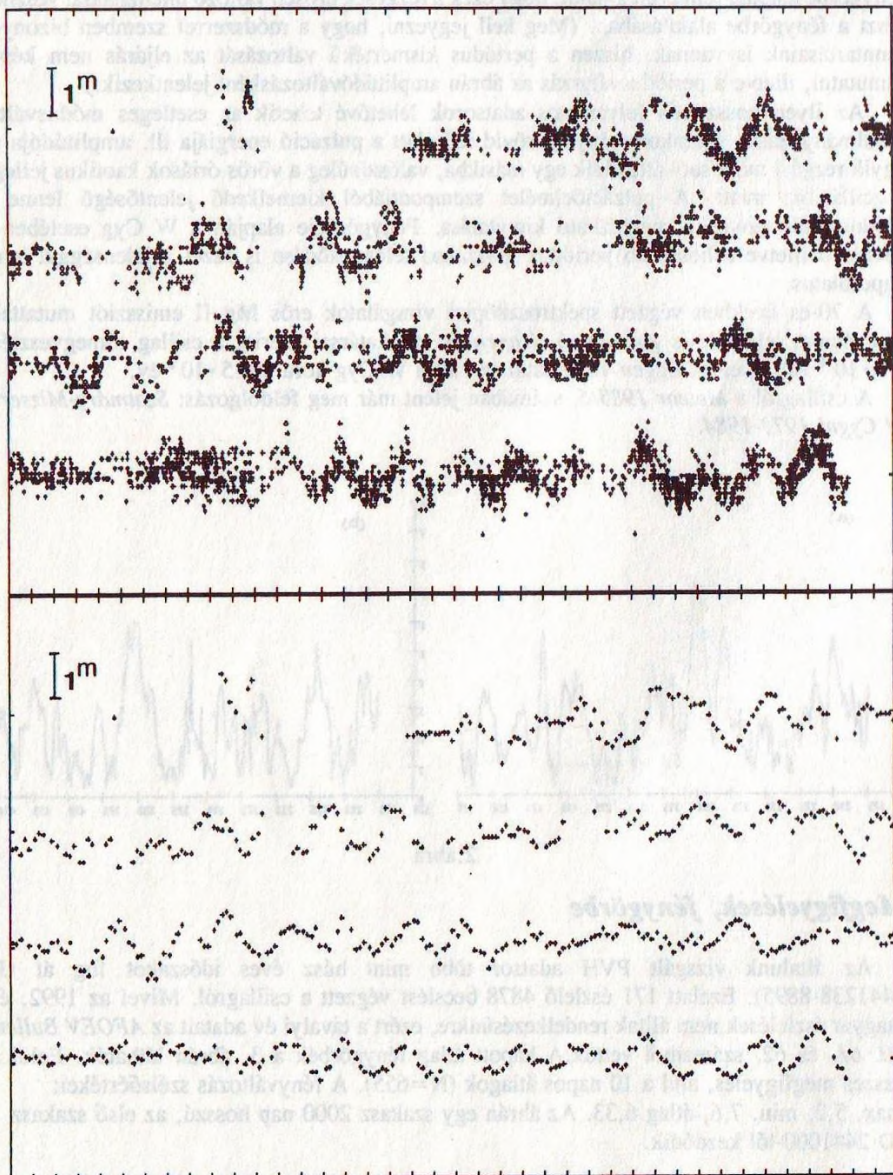
2. ábra

Megfigyelések, fénygörbe

Az általunk vizsgált PVH adatsor több mint húsz éves időszakot fog át (JD 2441238-8895). Ezalatt 171 észlelő 4878 becslést végzett a csillagról. Mivel az 1992. évi magyar észlelések nem álltak rendelkezésünkre, ezért a tavalyi év adatait az *AFOEV Bulletin* 60. 61. és 62. számaiból vettük. A kapott átlag fénygörbék a 3. ábrán láthatók. Felül az összes megfigyelés, alul a 10 napos átlagok ($N=655$). A fényváltozás szélsőértékei: max. 5,2, min. 7,6, átlag 6,33. Az ábrán egy szakasz 2000 nap hosszú, az első szakasz JD 2441000-tól kezdődik.

Fourier- és Wavelet-analízis

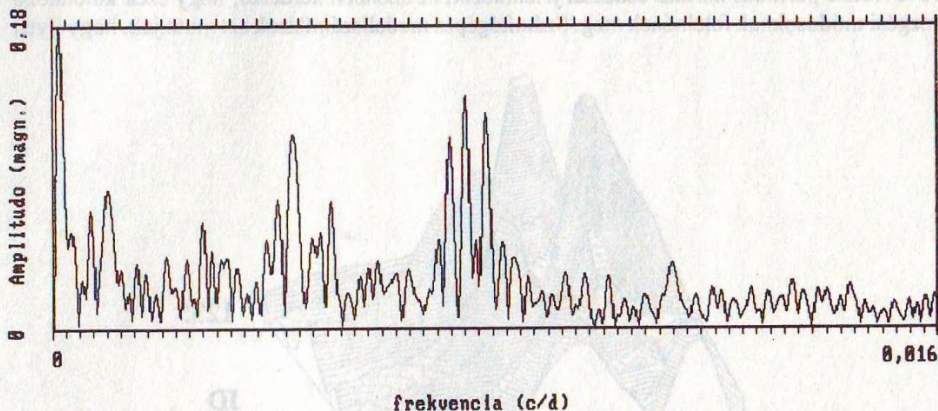
Az átlaggörbe alapján számolt amplitúdóspektrumot a 4. ábra mutatja. 4 periódus-csoport figyelhető meg, a nagyobb csúcsok jellemzőit a 2. táblázatban soroljuk fel. A fénygörbe, a spektrum, valamint a 5. ábrán látható wavelet térkép segítségével az alábbi megállapításokat tehetjük, a hosszabb periódusoktól a rövidebbek felé haladva:



3. ábra Fénygörbe JD 2441235-8895 között

Az általunk vizsgált adatsorból is kimutatható az átlagfényesség kismértékű ingadozása. (Ennek okáról sajnos nem sokat tudunk, tény azonban, hogy ez a jelenség sok félszabályos és mira csillagnál tapasztalható.)

Fontos eredmény, hogy nem túl nagy amplitúdával, de kimutatható egy ezer nap körüli periódus, ugyanis a korábbi analízisek a Meteorban közölt feldolgozást kivéve nem tesznek említést ilyen értékről. A wavelet térképről látható, hogy az adatsor elején jelentkezett ez a periódus érték.



4. ábra. A W Cyg amplitúdóspektruma

A 230 és a 133 napos rezgések rendkívül instabilak. Megfigyelhető, hogy időnként az egyik megerősödését a másik gyengülése kíséri, de van olyan időszak amikor a két rezgés egyidejűleg jelentkeznek. (Sajnos a szabad szemmel történő becslések pontatlansága nem teszi lehetővé a két periódus esetleges egymásra hatásának vizsgálatát, ezért fotoelektromos megfigyelésekre nagy szükség lenne.) Meg kell említeni, hogy az 1000 napos periódus erősödését, vagy gyengülését nem kísérik ilyen jelenségek.

Végül, de nem utolsósorban, fontos jellemzője a fényváltozásnak, hogy szabálytalan időközönként hosszab-rövidebb idejű fényállandósulás figyelhető meg.

frekvencia (c/d)	periódus (d)	amplitudó (magn)
0,000125	8000±2000	0,20
0,001	1000±50	0,10
0,00435	230±3	0,13
0,00719	139±1	0,11
0,00752	133±1	0,12
0,00787	127±1	0,13

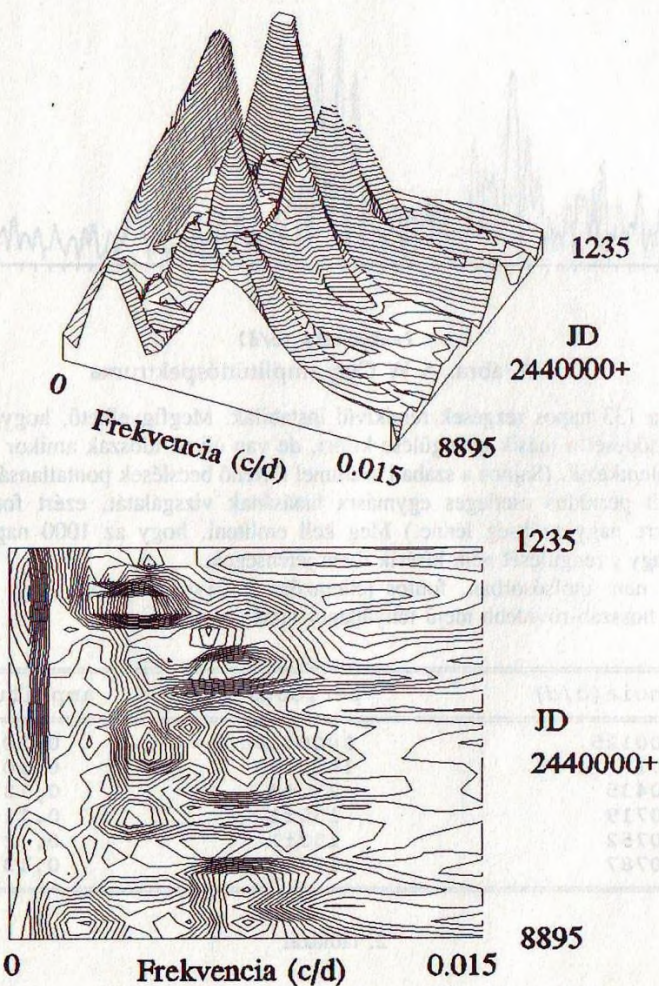
2. táblázat

Fizikai paraméterek becslése

Mint a Z UMa esetében (1992. 5.szám), most is megpróbálunk becsléseket tenni pulzációelméleti számítások alapján a csillag legfontosabb állapotjelzőire vonatkozóan. Ehhez az első lépés a kapott periódusok fizikai okának kiderítése. A 8000 nap körüli periódus

biztosan nem pulzációs eredetű. Feltehetően az 1000 napos sem, mert egyrészt nagyon kicsi az amplitúdója, másrészt korábbi feldolgozások nem tesznek említést róla, tehát időben nem stabil jelenségről van szó. Egyébként a modellsorozatokat sem támasztják alá a fényváltozás pulzációs jellegét (rossz a modellek illeszkedése, a rövid periódusok második illetve harmadik felharmonikusként szerepelnének, ami nem valószínű és a csillag luminozitására is a színpéppel nem összeegyeztethető értéket kapnánk.)

A 229,5 és a 133,1 napos periódusok viszont nagy valószínűséggel pulzációs eredetűek. A rövidebb periódus hármas csúccsal jelentkezik, az azonban kérdéses, hogy ezek különböző rezgési módusoknak felelnének meg. Számítógépes modellszámítások azt mutatják, hogy ilyen



5. ábra A W Cyg wavelet térképe

többszörös csúcsok jelennek meg a frekvenciaspektrumban, ha a periódus értéke ciklusról ciklusra kismértékben megváltozik. Ilyen modelleket készítettünk a Z UMa amplitúdóspektrumának leírására (John R. Percy, a torontói egyetem professzorának tanácsára), ahol a rövid periódushoz tartozó csúcsok szintén hármas szerkezetet mutatnak és eredményül azt kaptuk, hogy ha a periódus ciklusról ciklusra csak egy-két napot változik, létrejöhét a hármas szerkezet. Mivel a vörös változók kiterjedt konvektív zónával rendelkeznek (és a konvekció "elronthatja" a pulzáció szabályosságát), ezért ez a magyarázat első közelítésben elfogadhatónak tűnik. (Meg kell jegyezni, hogy az ilyen változások modellezése rendkívül nehéz feladatot jelent, hiszen a periódus változása nem teljesen véletlenszerű, hanem függ a csillag korábbi állapotától is, csak azt nem tudjuk, hogyan.) Valószínűleg a W Cygni esetében is erről van szó, bár természetesen nem zárható ki hogy valamilyen más hatás hozza létre ezt a jelenséget. A módusok azonosítása (mint általában a vörös változóknál) nem könnyű. Mivel a csillag paramétereiről nem található utalás az irodalomban, ezért az általunk kapott eredmények további megerősítésre szorulnak. Azért is fontos lenne a csillag részletes spektroszkópiai és fotometriai vizsgálata, mert mint az a 3. táblázatban közölt modellekből látszik, nem dönthető el egyértelműen, hogy az alap és első felharmonikus, vagy az első és második felharmonikus rezgés gerjesztődik a csillagban. A modellek alapján az első és második felharmonikus rezgés jelenléte tűnik valószínűbbnek, a periódusarány figyelembevételével.

P_0	P_1	P_0/P_1	M/M_\odot	L/L_\odot	T_{eff}	
224,3	117	1,92	1,0	5000	3400	Ostlie & Cox
223,4	120,1	1,86	1,4	5000	3200	Ostlie & Cox
236,8	122,3	1,94	1,4	3000	2800	Ostlie & Cox
237,8	129,1	1,84	1,4	7000	3400	Ostlie & Cox
222,5	122,8	1,81	2,0	5000	3000	Ostlie & Cox
237,8	130,4	1,82	2,0	7000	3200	Ostlie & Cox
P_1	P_2	P_1/P_2	M/M_\odot	L/L_\odot	T_{eff}	-----
226,7	139	1,63	1,0	7000	3000	Ostlie & Cox
223,2	140,2	1,59	2,0	7000	2800	Ostlie & Cox
218	138	1,58	3,0	15850	3100	Fox & Wood

3. táblázat: Csillagmodellek (P_0 az alaprezgés, P_1 az első és P_2 a második felharmonikus periódusa)

Következzenek most már a becsült paraméterek. Feltételezve, hogy az alaprezgés és az első felharmonikus gerjesztődik a csillagban, használjuk Ostlie és Cox (1986) elméleti modelljeiből származó periódus-tömeg-sugár (PMR) relációkat:

$$\log P_0 = -1,92 - 0,73 \cdot \log M + 1,86 \cdot \log R$$

$$\log P_1 = -1,60 - 0,51 \cdot \log M + 1,59 \cdot \log R$$

Megoldva az egyenletrendszeret, ($P_0 = 232 \pm 2$, $P_1 = 130 \pm 3$ nap):

$M = 2,8 \pm 0,8 M_\odot$, $R = 310 \pm 30 R_\odot$. Whitelock periódus fényesség relációjából:

$M_{\text{bol}} = -4,2 \pm 0,5$ magn. Feltéve, hogy a felszíni hőmérséklet 3100 ± 100 K, a sugár fenti értéke mellett a luminozitás $L = 7900 \pm 1000 L_\odot$, ebből pedig $M_{\text{bol}} = -5 \pm 0,2$ magn.

$-3,5 \pm 0,5$ magnitúdó bolometrikus korrekció esetén az abszolút vizuális fényesség

$M_v = -1,5 \pm 0,7$ magn. Végül a 6,3 magn. átlagos látszólagos fényesség alapján a W Cyg távolsága (fénynyelést nem számítva), $d = 380 \pm 100$ pc.