

A sok szabálytalanságot mutató fénygörbéjü szemireguláris változócsillagok esetében heves viták dülnek arról, hogy a fényességváltozás oka többszörös szabályos periodicitás a pulzációból eredően, vagy szabálytalan folyamatok a meghatározóak, így például a konvekcióval kapcsolatos véletlenszerűség, vagy a káosz jelensége.

Ezzel az érdekes témával foglalkozunk most az AF Cygni példáján keresztül.

## Észlelési eredmények

Szatmáry Károly – Mizser Attila

# AF Cygni

1967 – 85

**A**z AF Cygni eddig megjelent külföldi feldolgozásai az AAVSO 1914–1956 közötti adatain alapulnak /Mayall, 1956/. Strelkova és Kramer 1977-ben arról írt, hogy a csillag fényessége szerintük véletlenszerűen változik. Arra a következtetésre jutottak, hogy a maximumok illetve a minimumok közötti időtartamok gamma-eloszlást követnek. Másrészt a maximumokban illetve a minimumokban maga a fényességérték is véletlenszerű, ugynevezett normális-eloszlású. Mindezt egy atmoszféra-moddellal próbálták alátámasztani, mely szerint a csillag légkörének átlátszatlansága /opacitása/ véletlenszerűen változik a TiO molekulák koncentrációjában történő ingadozások által.

192745 AF Cyg = HD 184008 = SAO 48521 Tipus: SRB

$\alpha_{2000} = 19^h 30^m 12^s,5$   $\delta_{2000} = +46^{\circ} 09'$

Max =  $7^m,4$  Min =  $9^m,4$  fotografikus /GCVS/

$\langle v \rangle = 6^m,3$   $\langle B-V \rangle = +1^m,6$   $M_V = -0^m,5$  /Sky Cat./

Szinkép: M5e - M7 ill. M4 III Távolság:  $d=230$  pc

Radiális sebesség:  $\langle v_r \rangle = -15$  km/s

P =  $92^d,5$   $175^d,8$   $941^d,2$  /GCVS/

P\* =  $94^d,1$  néha kétszerese; az átlagfényesség változó

P =  $960^d$  /Loreta, 1942/

Max =  $6^m,4$  Min =  $8^m,4$  vizuális; térkép /Tsessevich/

1. táblázat

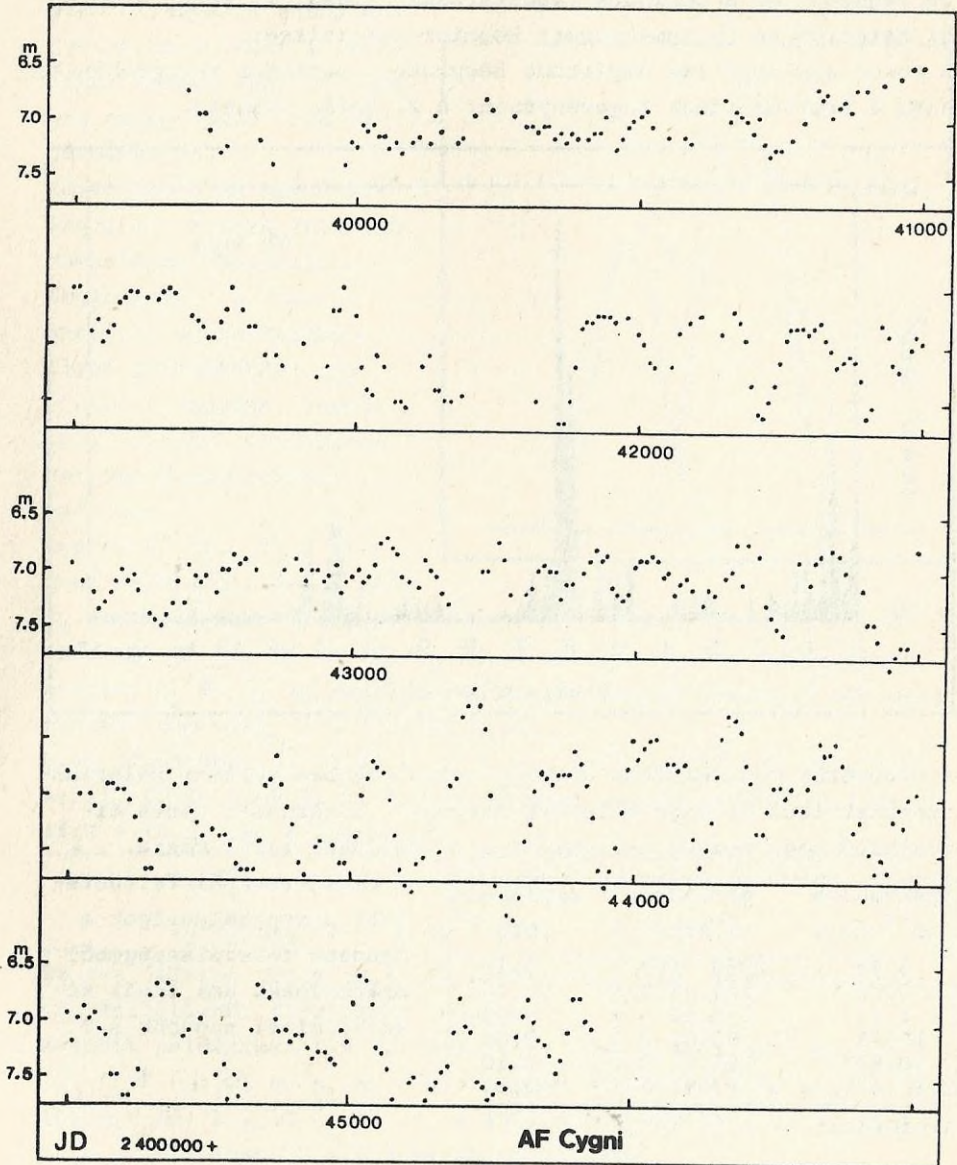
Az  
AF Cygni  
adatai

**K**lus /1983/ cikkében elemzi az AAVSO 1925–1956 közötti /JD = 2424510 - 2435700/ adatait. A  $T=11$  190 nap hosszú adatsor 560 pontból állt, melyek 20 napos átlagok. Max =  $6^m,4$ , átlagos fényesség =  $7^m,29$  és Min =  $8^m,2$ . A második táblázat az általa talált periódusokat mutatja.

periódus /nap/	amplitudó /mag./
$941,2 \pm 55,6$	0,14
$175,8 \pm 1,9$	0,20
$92,5 \pm 1,86$	0,17

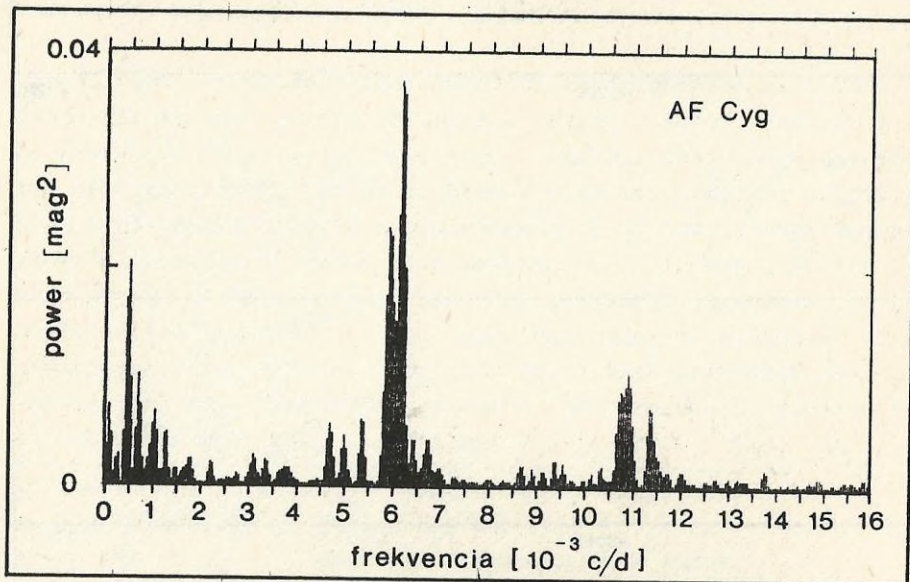
Most pedig térjünk rá a hazai PVH adatok elemzésére. A Meteor 1983/6. számában Dömény Gábor és Mizerser Attila az 1950-1982

2. táblázat



időszak fényváltozásait vizsgálta. Ebben az új számítógépes feldolgozásban az 1967-1985 /JD = 2439690-2446430/ közötti  $T = 6.740$  nap hosszú adatsorozatot elemezzük, melyben csak kisebb, max. 130 napos megszakítások vannak. Max =  $6^m,05$ , átlagfényesség =  $7^m,09$  és Min =  $8^m,1$ . A 10 napos átlagolás után 535 fényességadatra végeztük el a periódus meghatározást /lásd. 1. ábra/ a korábbi Meteorokban is ismertetett Fourier-analizissal.

A power spektrum /az amplitudó négyzete a periódus reciprokának, azaz a frekvenciának függvényében/ a 2. ábrán látható.



A fénygörbe meglehetősen szabálytalan, valóban sokszor véletlenszerűnek tűnő jellege ellenére néhány határozott csúcsgigyelhető meg, melyek jellemzőit a 3. táblázat tartalmazza.

frekvencia /10 <sup>-3</sup> c/d/	periódus /nap/	amplitudó /mag./
0,48	2083 ±80	0,15
5,92	168,9 ± 0,8	0,16
6,17	162,1 ± 0,5	0,20
10,75	93,0 ± 0,4	0,09
10,90	91,7 ± 0,3	0,10
11,37	87,9 ± 0,2	0,09

A periódusoknál feltüntetett bizonytalanságok a csúcsok félszélességéből származnak, ami annál kisebb, minél nagyobb a  $T$ .

3. táblázat

Most pedig egy fontos hibalehetőségre hívjuk fel a figyelmet. A 2. ábrán jól látható, hogy a  $6$  és  $10,8 \times 10^{-3}$  c/d frekvenciáknál két-két csucs nagyon közel van egymáshoz. Emiatt a csucok nem a valódi helyükön látszanak, hanem kissé közelebb vannak egymáshoz. A 3. ábra /kissé túlozva/ szemlélteti két közeli, eltérő nagyságu csucs helyének torzulását a valódihoz képest /amikor a másik csucs "lába" nem ad járulékot/.

Kovács Géza az MTA Csillagászati Kutató Intézete munkatársa részletesen foglalkozott a Fourier-analízis során fellépő ilyen problémákkal, és pontosan megadta, hogyan kell a valódi csucokhoz tartozó frekvenciákat kiszámolni.

Legyen  $f_1^*$  ill.  $f_2^*$  a csucok megfigyelt és  $f_1$  ill.

$f_2$  a valódi frekvenciája,

valamint  $\Delta f_1 = f_1 - f_1^*$  és  $\Delta f_2 = f_2 - f_2^*$ ,  $T$  pedig a teljes adatsorozat hossza.  $A_1$  és  $A_2$  az amplitudók. A számításhoz alapvető két mennyiség ismerete:  $|f_2^* - f_1^*|/T$  és  $A_1/A_2$ .

Első példánkban  $f_1^* = 5,92 \times 10^{-3}$ ,  $f_2^* = 6,17 \times 10^{-3}$  c/d  $/T = 6740^d/$ .

Az  $|f_2^* - f_1^*|/T = 1,68$  és  $A_1/A_2 = 0,8$  értékek esetén  $\Delta f_1 T = -0,2$  és  $\Delta f_2 T = +0,1$ , így a korrekció:

$$f_1 = f_1^* + \Delta f_1 = 5,89 \times 10^{-3} \text{ c/d} \quad /P_1 = 169,8/$$

$$f_2 = f_2^* + \Delta f_2 = 6,19 \times 10^{-3} \text{ c/d} \quad /P_2 = 161,6/$$

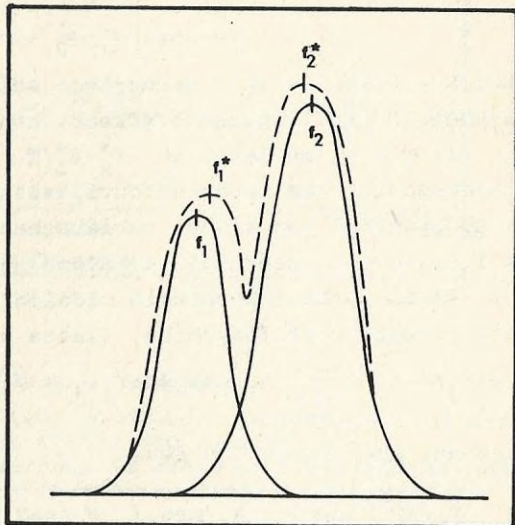
Ez azt jelenti, hogy  $\Delta P_1 = 0,9$  és  $\Delta P_2 = 0,5$  nap, bizony jelentős, így feltétlenül figyelembe veendő!

Második példánkban  $f_1^* = 10,75 \times 10^{-3}$ ,  $f_2^* = 10,90 \times 10^{-3}$  c/d.

$|f_2^* - f_1^*|/T = 1,01$  és  $A_1/A_2 = 0,9$ . Ekkor  $\Delta f_1 T = -0,2$  és  $\Delta f_2 T = +0,2$ ,

így  $f_1 = 10,72 \times 10^{-3}$  c/d  $/P_1 = 93,3/$  és  $f_2 = 10,93 \times 10^{-3}$  c/d

$/P_2 = 91,5/$ , azaz  $\Delta P_1 = 0,3$  és  $\Delta P_2 = 0,2$  nap.



3. ábra

Megjegyezzük, hogy a két csucs közelsége miatt annál kisebb a frekvencia-eltolódás, minél nagyobb az  $|f_2^* - f_1^*|/T$  és  $A_1/A_2$  értéke. Tehát itt is fontos, hogy  $T$  nagy legyen, azaz minél hosszabb megfigyelési időszakot vizsgáljunk.

Van még egy mennyiség, amely információt ad a közeli csucskok szétválaszthatóságáról:

$$C = \cos \left[ \varphi_1 - \varphi_2 + 2\pi/f_1 - f_2 / \frac{N+1}{2N} \right]$$

ahol  $N = T/\Delta t$ , és  $\Delta t$  a szomszédos adatok közötti távolság, esetünkben 10 nap. Legszerencsésebb, ha  $C = -1$ , legrosszabb, ha  $C = +1$ .  $C = +1$  mellett, ha  $|f_2^* - f_1^*|/T < 1,5$ , akkor a két csucs összemosódik, nem lehet különválasztani őket.

Az AF Cygninél /az alábbi táblázatban szereplő indexekkel/  $f_2$  és  $f_3$ -ra  $C \approx -1$ , ezért jól elkülönülnek.

A 4. ábrán /lásd a következő oldalon/ időben sűrítve felül látható a megfigyelt fénygörbe, alatta pedig egy illesztés

$$m/t_j = A_0 + \sum_{i=1}^4 A_i \cos [2\pi f_i t_j + \varphi_i] \quad j = 1, \dots, N$$

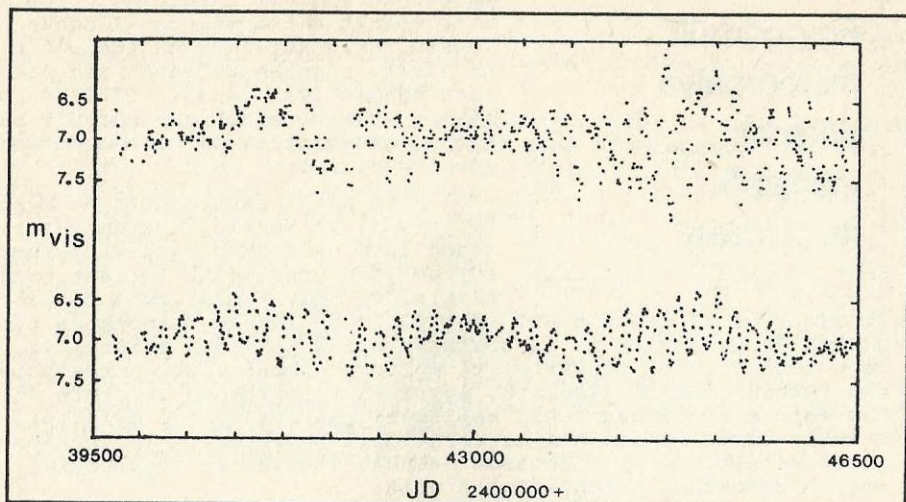
alakban, ahol  $A_0 = 7,09$  és  $\rightarrow$

i	$f_i / 10^{-3}$	c/d/	$A_i / \text{mag.}$	$\varphi_i / \text{rad/}$
1	0,48		0,15	3,37
2	5,89		0,16	2,91
3	6,19		0,20	-0,38
4	10,90		0,10	2,45

A  $\varphi_i$  fázisok meghatározása a legkisebb négyzetek módszerével történt, és mintegy 0,1 radián a hibájuk. Természetesen nem várhatjuk, hogy az illesztés pontosan visszaadja a

megfigyelt fénygörbét, azonban a menetét és a főbb maximumokat, illetve minimumokat jól közelítse. Az  $f_2$  és  $f_3$  értéke igen hasonló, ezért a hangtanból ismert lebegés jelensége tisztán megfigyelhető: az amplitudó  $f_3 - f_2 \approx 0,3 \times 10^{-3}$  c/d frekvenciával, azaz mintegy  $P = 3330^d$  periódussal erősen váltakozik.

A két egymáshoz nagyon közeli frekvenciájú fényességváltozás elég ritka a vörös óriás változócsillagoknál. Gyakran megfigyeltek azonban ilyen jelenséget a rövid periódusu pulzáló /pl.  $\delta$ Scuti és  $\beta$ Cephei/ csillagoknál. Ott általában az a magyarázat, hogy ha egy nemradiális rezgési módus közel esik ahhoz a radiális módushoz, amelyben a csillag pulzál, akkor a rezonancia miatt gerjesztődik.



4. ábra

Végül a következő megállapításokat tehetjük:

- 1./ Az átlagos fényesség mintegy 2080 napos periódussal változik, nem pedig a 40-es években közölt 960 nap körülivel. Ennek megerősítésére hosszabb, az évszázad első felének adatait is tartalmazó időszakot kell analizálni /tervezzük/.
- 2./ A vizsgált 18 évben a legnagyobb amplitudóju változás 161,6 és 169,8 nap periódusu. A kis különbségek miatt lebegés jelensége figyelhető meg.
- 3./ A 93,3 és 91,5 napos periódusok mellett a 87,9 napos ciklus is kimutatható. Mindhárom aránylag kis amplitudóju.
- 4./ A  $161,6^d / 91,5^d = 1,76$  periódusarány alapján feltehető, hogy az első és második radiális felharmónikus módusban pulzál az AF Cygni.
- 5./ Bár a fénygörbe igen szabálytalannak tűnik, mégsem véletlenszerű /egyébként átlagperiódus meghatározásnak semmi értelme/.
- 6./ Minden amatőr csillagász, aki szorgalmasan és a lehető legpontosabban észlel hosszuperiódusu pulzáló változókat /SR és mira/, jelentősen hozzájárulhat az ilyen csillagokról szerzett ismeretek bővüléséhez.

Felhasznált irodalom: \_\_\_\_\_

- Dömény G., Mizser A. 1983, Meteor 6.szám  
 Hirschfeld A., Sinnott R.W. 1982, Sky Catalogue 2000.0 Vol.1.  
 1985, Sky Catalogue 2000.0 Vol.2.  
 Kholopov P.N. et al 1985, GCVS 4. ed. Vol.2. /Moscow, Nauka/  
 Mayall M.W. 1956, J.R.A.S. Canada 50. No.6. 269.  
 Strelkova E.P., Kramer E.N. 1977, Përem.Zvezdy Pril.3. 241.