

Változócsillagok

Z Ursae Majoris 1968-91

A Z Ursae Majoris (SRb) fényváltozását *King* fedezte fel 1897 és 1904 között készült fotolemezeken. *Enebo* 1907-ben 102 napos, *Pracka* 1909-ben 205 napos periódust határozott meg. 1909-ben és 1944-ben a fénygörbén az amplitúdó minimálisra csökkent, de 35 év múlva, 1979-ben ez nem következett be. *Loreta* (1940) szerint a fő ciklushossz 198,3 nap és az átlagfényesség $A = 0^m,2$ amplitúdóval $P = 1560$ napos periódussal változik. Ezt egyik későbbi vizsgálat sem erősítette meg.

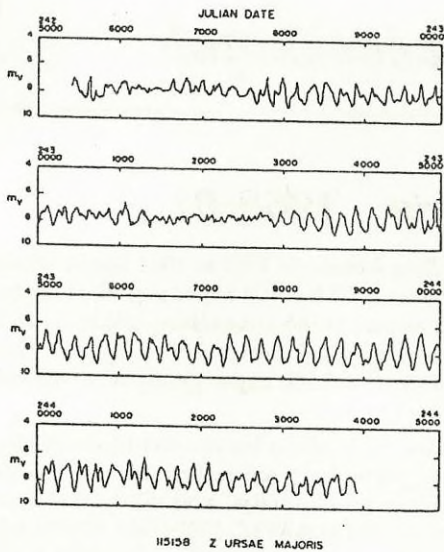
Suchko (1980) az AAVSO 1928–1978 közötti, az 1. ábrán bemutatott adatsora alapján 195,5 napos periódust adott meg, és megjegyezte, hogy egy nagyon instabil, 205 nap körüli fényváltozás időnként lebegés (beat) jelenségét okozhatja, azaz 4000–5000 napos ciklushosszal változhat az átlagfényesség. *Klus* (1982) az AAVSO 1928–1957 közötti adatait elemezte, és a következő periódusokat találta: $P = 190^d,5 \pm 4^d,6$; $P = 98^d,8 \pm 1^d,2$; $P = 65^d,6 \pm 0^d,6$. A GCVS (1985) szerint ciklusonként két maximum és minimum figyelhető meg, a periódus $P = 195^d,5$. Erről a fényes és a magyar amatőrök által is kedvelt félszabályos csillagról jelent már meg részletes feldolgozás a Meteor 1986/11. számában. Ott *Szatmáry Károly*, *Kovács István* és *Mizser Attila* a csillag 1968-1986 közötti fényváltozását elemezte, és 5680; 194,9; 101,1; 99,0 és 97,1 napos periódusokat határozott meg. A csillag fontosabb adatait az 1. táblázatban tüntettük fel.

1. táblázat

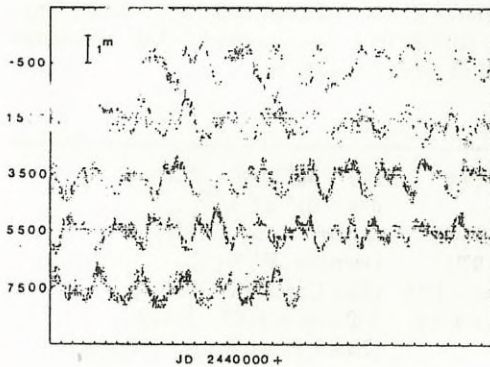
115158	HD 103681 $\alpha = 11^h 56^m,5$ $max. = 7^m,9$ $max. = 6^m,5$ $V = 6^m,6$	SAO 28194 $min. = 10^m,8$ $min. = 9^m,1$ $B - V = +1^m,6$	BD +58°1346 SRb $\delta = +57^\circ 52' 16''$ (fotografikus, GCVS) (vizuális, PVH) (Sky Catalogue 2000.0)
12 $\mu m = 64,53$	25 $\mu m = 26,01$	60 $\mu m = 4,24$	100 $\mu m = 1,67$ Jansky (IRAS Point Source Catalog)
Spektrum: M5 III, M6e		$r = 300$ pc Periódus: $195^d,5$	$v_{rad} = -53$ km/s (GCVS)

A fénygörbe

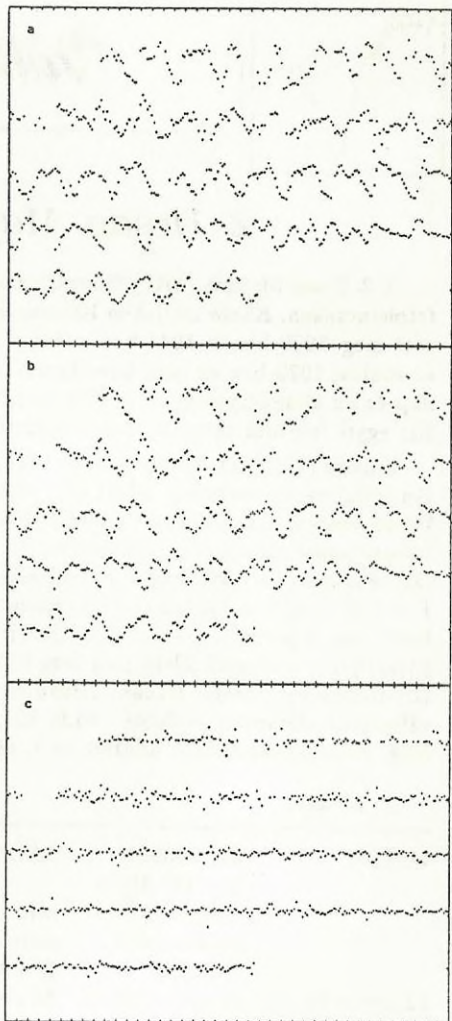
A vizsgált adatsor jellemzői: $JD = 2439914 - 2448622$ között $T = 8708$ nap alatt 174 (!) észlelő összesen 5338 megfigyelést végzett a csillagról. A legtöbb becslést végzők: *Mizser Attila* (844), *John Toone* (618) és *Papp Sándor* (350). A fénygörbe a 2. ábrán látható. Az adatsor folyamatos, csak egy nagyobb, 140 napos úr szakítja meg. A fényesség szélsőértékei: $max = 6^m,5$; $min = 9^m,1$ az átlag $7^m,93$. Bár egyes éjszakákon akár 1 magnitúdó eltérés is előfordult a különböző észlelők becslései között, ez nem tűnt szisztematikusnak, ezért személyi korrekciót nem alkalmaztunk.



1. ábra.



2. ábra.

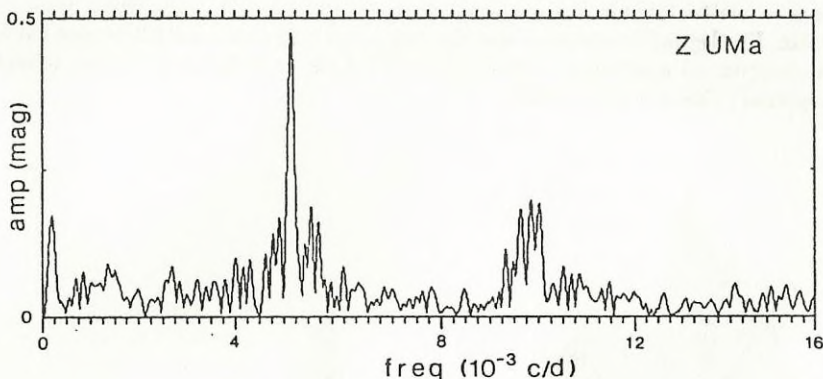


3. ábra. 10 napos átlag fénygörbék.
Skálázás mint a 2. ábrán.

Az átlagolással kapcsolatban érdekes egy eddig nem nagyon vizsgált „effektus”. Nem mindegy, hogy a 10 napos átlagolást pl. nullára vagy ötre végződő időpontokra végezzük. Szemléltetésül a 3/a. ábrán bemutatjuk az 5-re végződő ($N = 794$ pont), a 3/b. ábrán a 0-ra végződő ($N = 787$ pont) julián dátumokhoz tartozó átlagértékeket, a 3/c. ábrán pedig a két átlag-fénygörbe különbségét. Különösen a korábbi, ritkábban észlelt szakaszon jelentős az eltérés. Ennek hatása a periódusmeghatározásnál nem számottevő, de mindenképpen figyelni kell az átlagolásra.

Fourier és wavelet analízis

Az átlag-fénygörbére vonatkozó, Fourier-analízissel végzett periódusmeghatározás eredményeit az 2. táblázatban tüntettük fel. Az amplitúdó-spektrum a 4. ábrán látható. Ezek alapján a fénygörbe jellemzői: Mint sok más félszabályos csillagnál, úgy itt is megfigyelhető az átlagfényesség néhány ezer napos karakterisztikus idejű változása. A legnagyobb amplitúdóval a $P = 195$ napos periódusú rezgés van jelen. Felhívjuk a figyelmet a rövid periódusú csúcsok hármasszerű szerkezetére.



4. ábra.

2. táblázat

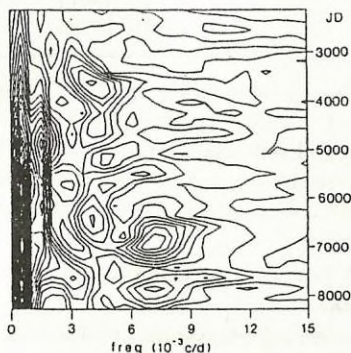
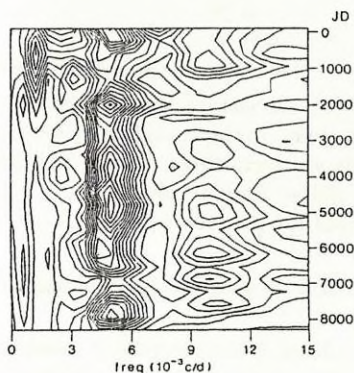
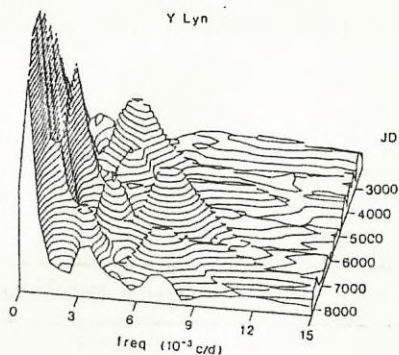
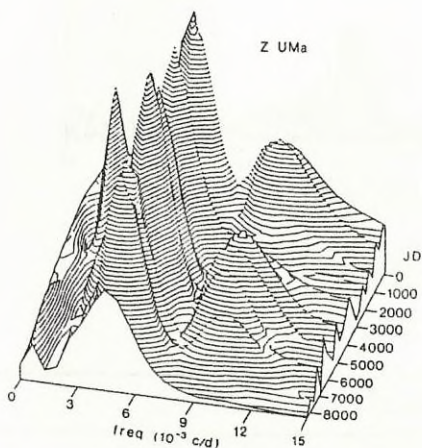
frekvencia(10^{-3} c/d)	periódus(d)	amplitúdó(m)
0,17527	5700 \pm 1250	0,17
5,13302	194,8 \pm 2	0,48
9,86541	101,4 \pm 1	0,18
10,09077	99,1 \pm 1	0,20
10,26604	97,4 \pm 1	0,19

Vegyük ezután szemügyre a fénygörbéről készült wavelet térképet (lásd Meteor 1991/11). A megfigyelési időtartamot 50 részre osztottuk, és mindegyikben meghatároztuk a frekvenciaspektrumot. A wavelet térkép tehát azt szemlélteti, hogy a különböző frekvenciájú ill. periódusú fényváltozások mikor és milyen amplitúdóval vannak jelen a fénygörbében. Az 5. ábrán szerepel a térhatású „amplitúdó domborzati térkép” és ennek felülnézete.

A hosszabb periódusuktól a rövidebbek felé haladva az alábbi megállapításokat tehetjük:

— Az átlagfényesség közel 0,2 magnitúdóval ingadozik. Periódus helyett azonban itt célszerűbb karakterisztikus időről beszélni, hiszen mint az a térképről leolvasható, az átlagfényesség nem folyamatosan, hanem időszakosan (változó amplitúdóval) változik.

— A $P = 195$ napos periódusú rezgés az egész vizsgált időszakban meghatározó jelentőségű a fénygörbén. A térkép és az amplitúdóspektrum alapján azt mondhatjuk, hogy ez a periódus érték kicsit ingadozott. Gyengén megfigyelhető a rezgés amplitúdójának kb. 2000 napos periódussal történő változása is. (Meg kell jegyezni, hogy az ilyen ingadozást az adatok eloszlása és hibája is okozhatja.) Az amplitúdó csökkenését időnként (de nem minden esetben) a rövid periódusú rezgések megerősödése kíséri. A rövid, 100 napos periódusnál lévő több csúcs arra utal, hogy ez a gyorsabb fényváltozás nagyon instabil. A térképről leolvasható, hogy a periódusa és az amplitúdója is erősen változó. Ennek okáról csak feltevéseink lehetnek. Elképzelhető, hogy az egyenetlen adateloszlással és az észlelési hibákkal kapcsolatos, de az sem zárható ki, hogy fizikai tartalom van mögötte. Esetleg módusváltások következnek be az alap és az első felharmonikus között, mint ahogyan ezt a jelenséget gyanítják az RV And, az S Aql és az U Boo félszabályos csillagoknál (Cadmus et al. 1991).



5. ábra

6. ábra

A pulzáció jellemzői, a paraméterek becslése

A csillag paramétereire vonatkozó becsléseinket a kapott periódusok alapján végeztük el. Ehhez *Whitelock és munkatársai* (1991) pulzáló vörös változókra vonatkozó periódus-fényesség relációját, ezen kívül *Fox és Wood* (1982) valamint *Ostlie és Cox* (1986) modellszámításait használtuk fel. Ezekkel a modellekkel azt vizsgálják, hogy meghatározott csillagparaméterek (tömeg, sugár, luminozítás, effektív hőmérséklet, kémiai összetétel) mellett milyen rezgési módusok alakulnak ki. Ha a csillag jellemzőit a fenti modellszámítások segítségével akarjuk meghatározni, két lényeges dolgot kell szem előtt tartanunk. Az egyik probléma a módus azonosítás. Ha a csillag csak egy periódussal pulzál, igen nehéz, sőt gyakorlatilag lehetetlen a pulzáció módusát pusztán a periódusból meghatározni. Ha több periódus is megfigyelhető, akkor a módus azonosításhoz a periódusok arányának az ismeretére van szükség. De a gyakorlat során itt is egy komoly nehézséggel találjuk szembe magunkat. A rövidebb periódusú rezgésről ugyanis igen nehéz eldönteni, hogy valóban pulzációs eredetű, vagy valamilyen más effektus miatt jött létre.

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

P_0	P_1	P_0/P_1	M/M_\odot	L/L_\odot	T_{eff}	
196	90	2,18	2,0	5000	3300	Fox és Wood AGB
197,0	93,1	2,12	0,8	1500	2800	Ostlie és Cox
196,5	94,1	2,09	0,8	2000	3000	Ostlie és Cox
185,3	93,6	1,98	1,0	1500	2700	Ostlie és Cox
196	103	1,90	2,0	4000	3000	Fox és Wood
204	108	1,89	2,0	6310	3300	Fox és Wood
179,7	95,1	1,89	1,0	3000	3200	Ostlie és Cox
179,1	98,5	1,82	1,4	3000	3000	Ostlie és Cox
185,1	102,0	1,81	2,0	3000	2800	Ostlie és Cox
175,4	98,9	1,77	1,4	5000	3400	Ostlie és Cox
175,0	99,5	1,76	2,0	5000	3200	Ostlie és Cox

P_1	P_2	P_1/P_2	M/M_\odot	L/L_\odot	T_{eff}	
192,4	117,0	1,64	0,8	5000	3000	Ostlie és Cox
185,9	114,4	1,63	1,0	7000	3200	Ostlie és Cox
200,8	126,6	1,59	2,0	7000	2800	Ostlie és Cox
192,1	121,7	1,58	1,4	7000	3000	Ostlie és Cox

A Z UMa esetében a periódusarány 1,97. Bár a 2 körüli periódusarányt a hosszabb periódus nem szinuszos jellege is okozhatja (ha a fel- és a leszálló ág eltérő meredekségű), a fénygörbe alapján ez kizárható. Elfogadva a realisabb feltevést, hogy a rövid periódus is pulzációból származik, a modellekből valószínűsíthető, hogy a csillag alapmódusban és első felharmónikusban pulzál. A másik probléma a modellek alkalmazhatósága. Mindkét modellsorozat olyan csillagokra készült, melyek rezgési módusai időben stabilak. Ez a Z UMa-ról nem mondható el. Ezenkívül *Ostlie és Cox* számításai mira csillagokra

készültek, nem pedig félszabályos változókra. Ezért csak arra van lehetőségünk, hogy behatároljuk a csillag paramétereit. A 3. táblázat olyan modelleket tartalmaz, amelyek többé-kevésbé összeegyeztethetők a Z UMa megfigyelt periódusaival és színképével.

A fentieket figyelembe véve az alábbi megállapításokat tehetjük a csillagról:

Függetlenül attól, hogy a rövidebb periódus pulzációs eredetű vagy sem, azt mondhatjuk a modellek alapján, hogy a $P = 195$ napos rezgés valószínűleg az alaplódnak felel meg. Ha a rövid periódus is pulzációtól származik, akkor a periódusarány is megerősíti ezt a feltevést. *Ostlie és Coz* modelljei alapján az is elképzelhető, hogy a $P = 195^d$ az első felharmonikusnak felel meg. Ekkor azonban a periódusarány jóval kisebb a megfigyelt értéknél, és túl nagy a luminozitás.

Összefoglalva a fentieket, a Z UMa feltehetően alaplódnak és első felharmonikusban pulzál. A pulzáló vörös óriások periódus-fényesség relációja (*Whitelock et al. 1991*):

$$M_{bol} = (1,85 \pm 0,24) - (2,55 \pm 0,10) \log P$$

eszerint $P = 195$ nap esetén a bolometrikus abszolút fényesség $M_{bol} = -4,0 \pm 0,3$. Felhasználva az

$$M_{bol} = 4,7 - 2,5 \log L/L_{\odot}$$

összefüggést, a luminozitás $L = 2400 - 4000 L_{\odot}$. Ezután a sugarat az

$$L/L_{\odot} = (R/R_{\odot})^2 (T/T_{\odot})^4$$

kifejezésből $T/T_{\odot} = 0,5$ feltétel mellett $R = 200 - 250 R_{\odot}$ értékűre becsülhetjük. Az M5 III színképtípusú csillagoknál a bolometrikus korrekció -4^m , így az abszolút vizuális fényesség $M_V = 0 \pm 0,3$. A távolságot is meghatározhatjuk az

$$m_V - M_V = -5 + 5 \log r$$

képletből, $m_V = 6,6$ látszólagos fényesség esetén $r = 180 - 240$ pc. Végül a csillag valószínű paramétereit:

$$M = 1,0 - 2,0 M_{\odot}, L = 3000 - 4000 L_{\odot}, R = 200 - 250 R_{\odot}, T_{eff} = 3000 - 3300 \text{ K.}$$

Az 6. ábrán az Y Lyncis wavelet térképe szerepel, mely a Meteor 1991/11. számában található feldolgozáshoz tartozik.

Szatmáry Károly - Gál János

Nova Cygni 1992

Ezt a fényes növőt -- hajnali láthatósága ellenére -- továbbra is igen sok megfigyelőnk észleli. Az AAVSO Alert Notice 156 szerint a Nova Cyg 1992 gyors növőként osztályozható, mivel 18 napra volt szüksége ahhoz, hogy maximuma után 2 magnitúdót halványodjon. (Payne-Gaposchkin besorolása alapján a gyors növő 11-25 nap alatt halványodnak ennyit.) Így a halványodás üteme eleinte 0,11 magnitúdó/nap volt. Miután a nóva elérte a 6,3 magnitúdós szintet, ez 0,06 magnitúdó/nap értékre mérséklődött. A csillag fényessége április végén 8,0 magnitúdó volt. A Nova Cyg 1992 AAVSO b térképét a Jelenségnaptárban közöljük.