



# Változócsillagok

## Halmazváltozók I.

### A mély-égtől a változókig

Többször feltették már az első szerzőnek a kérdést, miszerint hogyan lehetne összekötni a mély-ég észlelés nemes tevékenységét a változás hasznos jellegével. A lehetséges válaszok első pillantásra talán nem egyértelmű bősége kicsit alaposabb elgondolkodás után a „triviális reveláció” kategóriájába tartozik: gyakorlatilag bármely objektumtípus könnyedén kapcsolatba hozható valamilyen amatőr szemmel is érdekes változócsillagcsaláddal. A diffúz ködök gyakran gyors fényváltozással rendelkező fiatal csillagok otthonai, a planetáris ködök a félszabályos és mira változók egyenes ági leszármazottai, és bizony a legmélyebb mélyégek, azaz a galaxisok ritkán feltűnő ékkövei a néhány hét után ellobbanó szupernóvák.

Kevésbé egyértelmű a csillaghalmazok (asszociációk, nyílt- és gömbhalmazok) esete. Ennek hátterében talán az áll, hogy az egyszeri érdeklődő könnyebben átlapozza az ismeretterjesztő irodalom vonatkozó fejezeteit, melyek sokszor nehezen érthető asztrofizikai fejtegetésekkel vannak teletűzdelve (jó tíz évvel ezelőtti saját tapasztalat). Pedig ezen objektumok a galaxisok olyan önálló szerkezeti egységei, amelyek segítségével a csillagászat legkülönbözőbb ágai kerülnek összeköttetésbe, és ebben egy igen mély szépség is rejlik. Hatékony asztrofizikai laboratóriumokként segítséget nyújtanak a csillagkeletkezéssel, csillagfejlődéssel és csillagászati távolságméréssel kapcsolatos problémák megoldásához, amelyek mind a mai napig a megfigyelési és elméleti csillagászat egyaránt legfontosabb problémái közé tartoznak. Jelen cikk célja néhány érdekes és fontos vonatkozás bemutatása és egyszerű értelmezése, elsősorban a pulzáló változócsillagokkal kapcsolatban. Természetesen nem zárható



Az IC 1795 nyílthalmaz + diffúz köd a Cassiopeia csillagképben (Kiss L. és Sárneckzy K. felvétele, 60/90/180 Schmidt + CCD, 5 p. expozíció)

ki, hogy az alábbiakat is hasonlóan könnyű lesz átlapozni, mint a fentebb említett műveket, ám írásunk fő törekvése remélhetően átsejlik a sorokon. Az első rész a nyílthalmazokkal foglalkozik, míg a gömbhalmazok előreláthatóan a decemberi számban kerülnek terítékre.

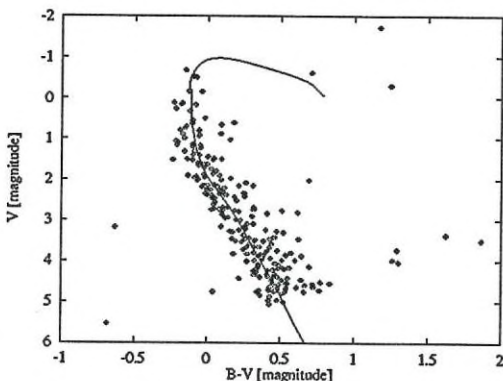
## Szín, fényesség, szín-fényesség

A nyílthalmazok klasszikus amatőr csillagászati objektumok. A Plejádok, a Perseus-ikerhalmaz és a Praesepe minden amatőr által jól ismert égitest. A néhány tucat-néhány száz csillagot tartalmazó csillaghalmazok feltűnő szimmetriával általában nem rendelkező társulások, melyek ennek köszönhetően nem kötik meg a fantázia szárnyait. Fejen álló úrhajós, bagoly, fújó macska — az ég adta világon minden beleképzelhető a látómezőkben ragyogó kis ékszerdobozkába.

A tudomány számára természetesen nem ezek az érdekes tulajdonságok. A néhány, esetleg néhány tíz fényév átmérőjű térrészben maximum néhány száz, igen jó közelítéssel azonos anyagi összetételű és egy időben keletkezett csillag található, míg a jelenleg megfigyelhető egyedi különbségek az azóta eltelt időben bejárt eltérő fejlődési utakról árulkodnak. Senki nem látott még olyan nyílthalmazt, amelyben csupa egyenlő fényességű és ugyanolyan színű csillag lenne. Mint azt már jó néhány évtizede tudjuk, a háttérben álló ok alapvetően a tömegek különbözősége. A nagytömegű csillagok (pár naptömeg) a belsejükben uralkodó hőmérséklet- és nyomásviszonyoknak köszönhetően „tékozló módon” akár néhány millió, vagy tízmillió év alatt elhasználják a fúziós alapanyagokat, míg a kistömegű csillagok (egy naptömeg és alatta) évmilliárdokig lényegében változatlan állapotban tartózkodnak.

Az egyedi csillagok legkönynyebben megfigyelhető jellemzői, a szín és a fényesség, valamint az elmélet számára fontos paraméterek, a felszíni hőmérséklet és abszolút fényesség között lényegében egyértelmű megfeleltetés létezik. A szín és a hőmérséklet közötti kapcsolat a mindennapi életből is ismert, míg az abszolút és látszó fényesség közötti viszony a távolságon keresztül fogható meg, így a tőlünk azonos távolságban levő halmaztag csillagokra ugyanannyi a távolságból származó korrekció. Ejnar Hertzsprung és Henry Norris Russell korai munkássága óta tudjuk, hogy

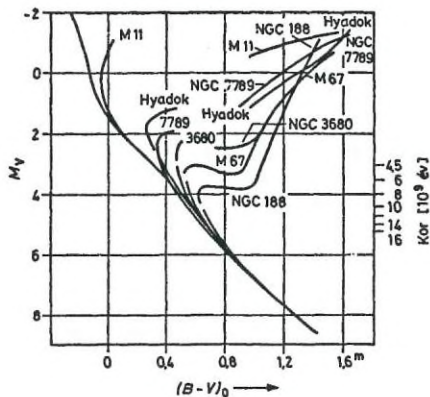
ha a csillagokat felrajzoljuk egy hőmérséklet-abszolút fényesség, vagy az említett megfeleltetés szerint egy szín-fényesség diagramra, akkor egy nem véletlenszerű pontthalmazt kapunk, hanem jól elkülönülő ágak rajzolódnak ki (Hertzsprung-Russell-diagram, HRD). A nyílthalmazok többségére a „legsűrűbb” régió, a fősorozat a legjellemzőbb. Ezt láthatjuk mellékelt ábránkon, amely az NGC 7086 szín-fényesség diagramját mutatja, ahol a vízszintes tengelyen a kék és a sárga szűrőkön keresztül



**Az NGC 7086 szín-fényesség diagramja**  
Kaszás Gábor és munkatársai mérései alapján

mért fényességek különbsége (B–V színindex), a függőleges tengelyen pedig a látszó fényességek szerepelnek, eltolva egy bizonyos értékkel. Az ábrán egy elméleti számítással kapott „ideális” fősorozat is látható (folytonos vonal), amelynek illesztéséről, a távolságmérésben betöltött szerepéről, ill. a zavaró tényezőkről a Meteor 1998/1. számában megjelent CCD rovatban olvashattunk (l. még <http://www.mcse.hu/szakacsop/ccd/egy/oc-tavol.html>)

Több nyílthalmazra egy ábrán feltüntetve a korrigált szín-fényesség diagramokat jutunk el a különböző fejlődési állapotok megjelenéséig. A HRD bal felső sarkában találhatóak a nagytömegű, nagy abszolút fényességű csillagok, melyek gyorsan túljutnak a hidrogén-égető fősorozati állapoton, és átjutnak a HRD jobb felső sarkába. Fiatal halmazokban még az egész nagy luminositású csillagok is a fősorozaton vannak (M11), valamivel öregebbekben a kisebb tömegű csillagok is elfejlődtek róla (pl. Hyadok), míg az egész idős halmazok fősorozatán már alig van csillag (M67). Itt kell megjegyezni, hogy a nyílthalmazok csillagait egészen hosszú távon nem tartja össze a köztük ható tömegvonzás, azaz a kezdeti tömegtől függően százmillió-milliárd éves időskálán szétszóródnak a csillagközi térben.



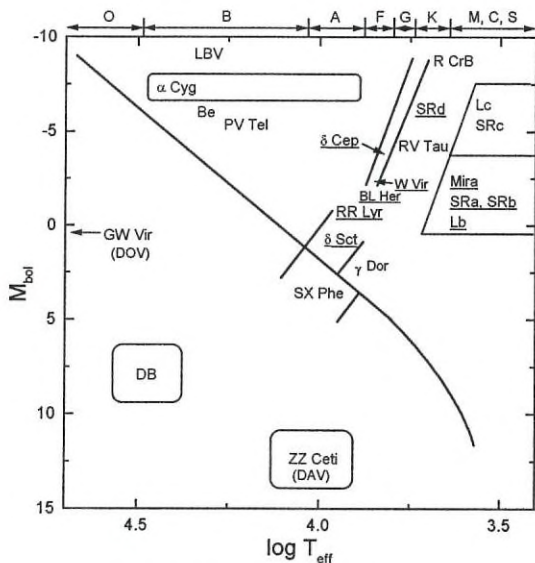
Különböző korú nyílthalmazok HRD-i

## Pulzálók a HRD-n és a halmazokban

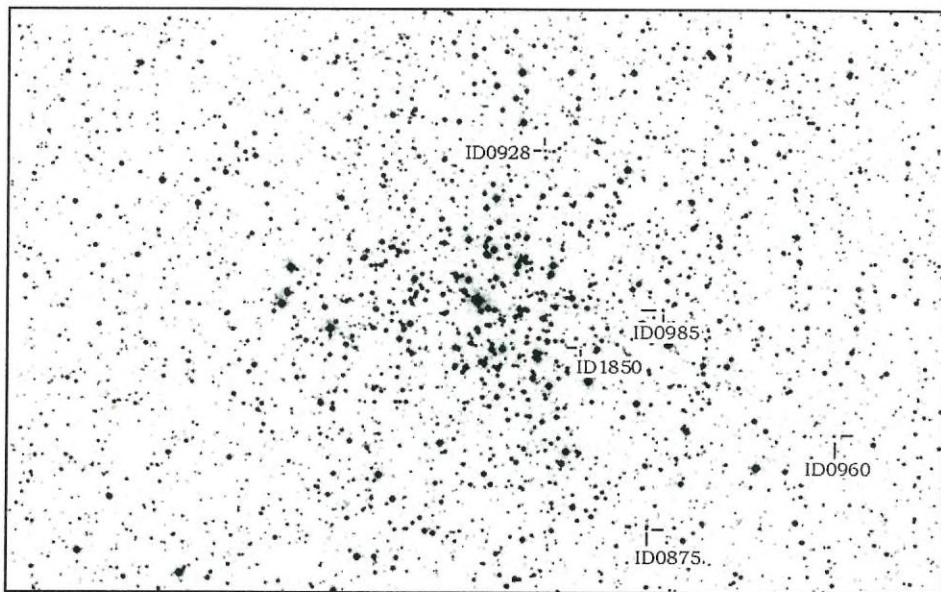
Természetesen tetszőleges csillagokkal is felrajzolható a HRD, egyedül az abszolút fényességről kell információval rendelkezünk. Változócsillagok helyzetét is feltüntetethetjük egy hasonló ábrán, így érdekes következtetésekre juthatunk. Következő ábránkon a pulzáló változócsillagok népes seregének tagjait mutatjuk be, ezúttal a hőmérséklet–luminositás tengelyeket használva. A bal felső-jobb alsó irányban a fősorozat látható, míg az SX Phe,  $\delta$  Sct, RR Lyr, BL Her, W Vir,  $\delta$  Cep, SRd irány az ún. klasszikus instabilitási sávot jelöli ki. Balra lent a pulzáló fehér törpék, balra fent az oszcillációs fényváltozással rendelkező kék óriások, míg jobbra fent a vörös óriások (mirák, félszabályos változók) találhatóak.

Mivel általában a nyílthalmazokban a fősorozati csillagok a legszámosabbak, első közelítésben a fősorozathoz közeli változók jelennek meg nagy számban. Ilyenek a  $\delta$  Scuti változók és az alig pár éve felismert új típus, a  $\gamma$  Dor osztály csillagai. Ezek sajnos túl kicsiny fényváltozási amplitúdókkal rendelkeznek, így amatőr szemmel kevésbé érdekesek. Ráadásul a fősorozat és az instabilitási sáv metszéspontja a viszonylag kis abszolút fényességű tartományba esik, így pl. még egy látványos halmaz  $\delta$  Scuti változó is igencsak „halványkák”. Ezt illusztrálандó mutatjuk be az M37 CCD felvételét néhány újonnan felfedezett változócsillaggal. Ezek közül az ID0985 jelölésű csillag egy klasszikus nagy amplitúdójú  $\delta$  Scuti változó, melynek R-szűrős fénygörbéje két és fél órás periódussal és bő fél magnitúdós amplitúdóval jellemez-

hető. Látszó fényessége 15–16 magnitúdó közé esik, azaz vizuális azonosítása a binoklis halmazban nem tartozik igazán a lehetséges programok közé. (Az M37 változócsillagaira egy későbbi cikkben még visszatérünk.)



Pulzáló változócsillagok a HRD-n



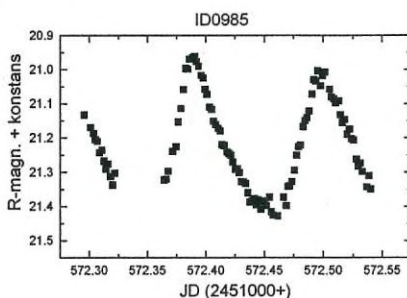
Az M37 3 perces R-szűrős felvétele az MTA CSKI Piszkés-tetői Observatóriuma 60/90/180 cm-es Schmidt-távcsövével (Kiss-Sziládi-Sárneczky)

Fiatal halmazokban a kék óriások még kis távcsövekben is feltűnők, ezek egy része pulzáló B típusú csillag. Sajnos itt is vizuálisan lényegében észrevehetetlen változásokról van szó. Egészen más a helyzet azon halmazok esetében, ahol már a néhány naptómegű csillagok elhagyták a fősorozatot. A HRD-n történő fejlődés nem egyirányú folyamat, a szuperóriás csillagok ún. kék hurkokat írnak le a vörös és sárga szuperóriás állapot között. Az instabilitási sávban a kék hurkok fordulópontjához közeli sárga csillagok a delta Cephei típusú változók (cefeidák). Ezek fontosságát nehéz lenne túlbecsülni: nagy abszolút fényességüknek köszönhetően a közelebbi galaxisokban is azonosíthatók, pulzációjuk szabályos, igen szigorúan ismétlődő a fényváltozásuk, míg periódus-fényesség relációjuk extragalaktikus távolságmérésre jól használható. Periódusuk 1–100 nap közé esik, így fénygörbéjük felvétele nem tart évekig vagy évtizedekig, mint pl. a félszabályos és mira változóknál. Vizuális amplitúdójuk akár 1–1,5 magnitúdó is lehet, és mivel a halmaztag cefeidák az adott halmazok legfényesebb csillagai közé tartoznak, fényváltozásaikkal feltűnő módon megváltoztatják akár az egész halmaz megjelenését. Jó példa erre a Cassiopeia-beli NGC 129, amelyben a  $8^m,7-9^m,3$  között 8 napos periódussal változó DL Cas cefeida található (l. fénygörbét). A  $0^m,6$ -s amplitúdó éppen egy kettes faktorral való változást jelent, s mint a mellékelt képen is látható, a DL Cas a második legfényesebb csillag a halmazban. Szerencsés esetben egy egyhetes derült alatt a látómező relatív fényességeit gondosan megbecsülve végigkövethetjük a DL Cas változásait.

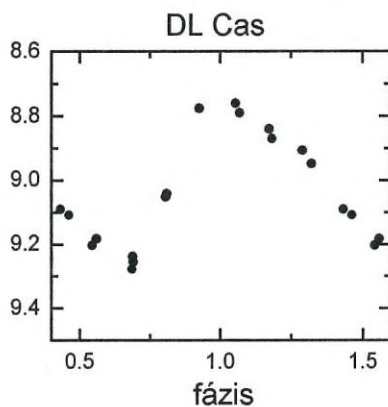
Miért érdekesebbek a halmaztag cefeidák a „közönséges” cefeidáknál? Habár a periódus-fényesség reláció elve igen egyszerű (kimérjük az adott — akár egy távoli galaxisban levő — cefeida fénygörbéjét, megállapítjuk periódusát, abból kiszámítjuk abszolút fényességét, majd azt a látszó fényességgel összevetve következtetünk a távolságra), az

$$\text{abszolút fényesség} = A + B \log(\text{periódus napban})$$

alakú összefüggés A zéruspontja erőteljes szakmai vitákat vált ki, immáron évtizedek óta. Az egyik leggyakrabban alkalmazott kiindulás a Nagy Magellán Felhő (LMC) cefeidái, amelyek jó közelítéssel azonos távolságban vannak, így ugyanazzal a zérus-



Az ID0985 jelölésű csillag fénygörbéje 2000. január 28-án. A függőleges tengelyen a valódi fényesség kb. 5 magnitúdóval van eltolva a halványabb tartomány felé



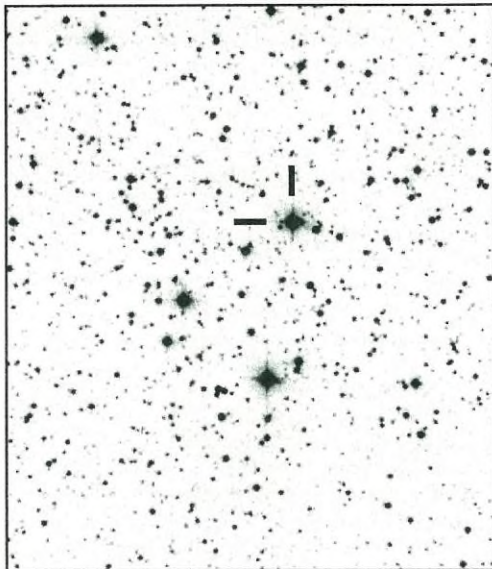
A DL Cas V-szűrős fénygörbéje a Szegedi Csillagvizsgáló 40 cm-es távcsövével

ponttal rendelkeznek. A különböző periódushoz tartozó látszó fényességek megadják a B meredekséget, míg az A zéruspontra valamilyen más, cefeidáktól független úton következhetnek. Ennek megfelelően minden ilyen úton kapott extragalaktikus távolság az LMC távolságának bizonytalanságával terhelt.

Egy másik módszerhez juthatunk a Tejútrendszer nyílthalmazai segítségével. Jelenleg kb. 30 olyan cefeidát ismerünk, amelyek halmaztagsága kellően megalapozott. A nyílthalmazok távolság-meghatározása a színfényesség diagram segítségével pedig teljesen független a cefeida periódusfényesség relációtól, így elvben független becsléshez juthatunk az A zéruspontra. A kérdés pusztán az, hogy melyiknek nagyobb a bizonytalansága: az LMC távolságának, vagy a több tucat halmaz távolságai statisztikus hibájának? Nos, ez egy jó kérdés, amelyre a különböző szakterületek képviselői meglehetősen ellentmondásos válaszokat adnak. Az A zéruspont értéke egyébként durván  $-1^m.4$ , míg a B meredekség  $-2,8$ , ahol mindkét érték nagyjából  $0,05$  pontatlansággal rendelkezik. Újabban a pulzációelméletek abszolút fényességekre vonatkozó jóslatai tűnnek a legmegbízhatóbbaknak (Kovács Géza és munkatársai, MTA Csillagászati Kutatóintézet), amelyek segítségével, esetleg a fordított úton járva, éppen a nyílthalmazokkal kapcsolatos következtetések pontosíthatók! Ezek az új eredmények azonban a gömbhalmazok RR Lyrae csillagain alapulnak, így ismertetésük túlmutat jelen cikk keretein.

Talán a fentiek is rámutatnak arra, hogy a csillagászatban egyetlen területet sem lehet a többitől elválasztva tekinteni, hiszen sokszor az első pillantásra „közömbös” objektumok és megfigyelési technikák csak összetársítva árulják el a fontos kérdések értékes válaszait. Cikkünk folytatásában a gömbhalmazok világának változós vonzatai között tallózunk.

KISS LÁSZLÓ–SZILÁDI KATALIN



Az NGC 129 nyílthalmaz és a DL Cas halmaztag cefeida (DSS-kép)

#### Tájékoztató az 1999. évi SZJA 1%-felajánlások felhasználásáról

Köszönjük a Szegedi Csillagvizsgáló Alapítvány támogatóinak az SZJA 1%-os felajánlását, mely eredményeként 1999-ben 230 146 Ft-ot kaptunk. Az összeget az obszervatóriumban (Szeged, Kertész utca) minden péntek este folyó csillagászat oktatáshoz szükséges szemléltető eszközökre, video- és számítástechnikai fejlesztésre fordítottuk.

Adószám: 19081166-1-06 tel.: (62) 544-666, 544-668 fax: (62) 420-154  
<http://www.jate.u-szeged.hu/obs> E-mail: [k.szatmary@physx.u-szeged.hu](mailto:k.szatmary@physx.u-szeged.hu)