



# Változócsillagok

## A $\gamma$ Cassiopeiae története I.

Feltűnő fényessége és viszonylag jelentős fényingadozása ellenére a  $\gamma$  Cas-t aránylag későn, századunk első harmadában ismerték fel biztosan változócsillagként. Ennek legfőbb oka talán abban rejlik, hogy a fényesség-ingadozása aránylag lassú — évekre terjed —, alkalmanként hosszabb nyugalmi szakaszokkal megszakítva. Érdekes módon a csillag színképének változékonyságát már sokkal korábban, a 19. sz. utolsó negyedében felismerték. Hazai vonatkozása miatt számunkra figyelmet érdemel az a tény, hogy a  $\gamma$  Cas vizsgálatában magyarországi észlelőknek is számottevő szerepe volt.

Harvard-szám: 0051+60, RA=  $00^{\text{h}}56^{\text{m}}7$ , D=  $50^{\circ}43'$ . Parallaxis ( $p$ )=  $0^{\text{u}}0034$  (29,4 pc= 96 fényév), sajátmozgás=  $0^{\text{u}}025/\text{év}$ , radiális sebesség ( $rv$ )=  $-4$  km/s, közepes fényerő  $35000 L_{\odot}$ ,  $M_V = 0^{\text{m}}02-0^{\text{m}}08$ , U-V=  $-1^{\text{m}}25$ , B-V=  $-0^{\text{m}}19$ , színkép = BO IV enp. (Megjegyzendő, hogy a fényesség- és a luminozitás-értékek közepes fényességre vonatkoznak. A csillag parallaxisát trigonometriai úton mérték meg, a korábbi, fotometrikus távolságmérésből öt-tízszere nagyobb távolság adódik!) A csillag színképe igen jellegzetes: az MK luminozitás-rendszer IV. csoportjába tartozó, forró szubóriás csillag, rendkívüli spektrummal, amelyben a fényes kibocsátási vonalak uralkodnak, a színképvonalak nem élesen határoltak, hanem diffúz, elmosódott jellegűek.

### A $\gamma$ Cassiopeiae fontosabb adatai

#### A $\gamma$ Cassiopeiae „előtörténete”

A  $\gamma$  Cas színképére már a csillagspektroszkópia egyik úttörője, A. Secchi felfigyelt 1868-ban. A többi addig vizsgált csillagtól eltérően a  $\gamma$  Cas színképe egyetlen folytonos fényes alpból állónak tűnt, amelyet nem szakítottak meg — az akkori műszerekkel észlelhető — sötét elnyelési (Fraunhofer-) vonalak, viszont a semleges hidrogén vörös (C) hullámhosszánaál egy fényes kibocsátási vonal volt látható. Utóbb P.J.C. Janssen (Párizs), N. Lockyer (London), H.C. Vogel (Potsdam) és mások is megállapították, hogy a színképben fellelhető a hidrogén Balmer-sorozatának a vizuális tartományban észlelhető három fényes vonala (C, F, h = hidrogén alfa, béta és gamma), és néha sötét vonalakat is sikerült megpillantani (Secchi 1878, Klein 1901).

Talán Vogel ösztönözte magyar barátját, Konkoly Thege Miklóst arra, hogy az akkor berendezett ógyallai csillagvizsgálóban figyelje meg a csillagot (1872-től). Konkoly 1881-ig többször figyelte a  $\gamma$  Cas-t, de a színképben nem sok részletet tudott észlelni, a fényes C ( $H_{\alpha}$ ) vonalat is csak nehezen pillantotta meg. Ugyanezt jegyezte fel a  $\gamma$  Cas-ról Gothard Jenő a herényi csillagvizsgálóban 1881-ben és 1882-ben (1, 2).

Igen jelentős változás következett be a csillag színképében 1883 elején (vagy talán már 1882 végén). Amíg 1882 nyarán sem Gothard, sem az ógyallán dolgozó Kövesligethy Radó nem látott feltűnő jelenséget (a hidrogén C-vonala is alig látszott), a következő év (1883) augusztusában a három H-vonal igen erősen mutatkozott, és feltűnt az akkor azonosíthatatlan D-vonal a sárga színben (ezt utóbb a semleges héliummal azonosították). Konkoly megállapította, hogy a  $H_{\alpha}$  vonal két pereme elmosódott, mellette kétoldalt sötét vonalsorozat is látható, a kék színben pedig három Fraunhofer-vonal mutatkozik. Gothard és Konkoly több alkalommal is megmérték a most már ragyogó fényű hidrogén- és héliumvonalak hullámhosszát is (3, 4).

Konkoly és Gothard a továbbiakban is azt tapasztalhatta, hogy a fényes hidrogén- és héliumvonalak erőssége rövidebb időszak alatt is kissé hullámzik (5). Kövesligethy 1887 végéig a kiskartali Podmaniczky-magáncsillagvizsgálóban folytatta a  $\gamma$  Cas színképezését, és a kibocsátási vonalakat fényesnek, időnként egészen kiemelkedő fényességűnek találta (6). Ezt a folyamatot más obszervatóriumok is megfigyelték (pl. H.C. Vogel Potsdamban, W. Huggins Londonban), ennek ellenére egyetlen adatunk sincsen arról, hogy a  $\gamma$  Cas fényességét bárhol is rendszeresen észlelték volna! Éppen ezért érdekes Konkoly megállapítása: „Megjegyzendő végre, hogy  $\gamma$  Cassiopeiae mint  $\beta$  Lyrae változó fényvel bírnak...” (4).

A rendszeres fénymérések hiányában csak az egyes szórványos becslésekre és mérésekre hagyatkozhatunk a csillag fényingadozásának rekonstruálásánál. Az egyik jól felhasználhatónak látszó adatot C. Flammarion közölte. Flammarion az elmúlt két évezred nevezetesebb csillagkatalógusai alapján összeállította a pusztán szemmel látható csillagok fényesség-adatainak értékét. Azt tapasztalta, hogy a  $\gamma$  Cas fényét Hipparkhosz Kr.e. 125-ben és Al Sufi Kr.u. 900-ban 2 és  $\frac{3}{4}$  magnitúdónak tüntette fel, Ulugh Bég 1430-ban 3 magnitúdót adott meg, és ugyancsak 3 magnitúdójának jelezte Tycho 1590-ben, Hevelius 1660-ban, Flamsteed 1700-ban és G. Piazzini 1800-ban. F.W. Argelander (a csillag-fénybecslés „atyja”) 1840-ben 2 magnitúdóra, E. Heiss 1860-ban ugyancsak ennyire becsülte. Maga Flammarion 1880. március 29-én 2,0 magnitúdójának mérte a csillagot (Flammarion 1896).

Egy másik felhasználható adatot E.C. Pickering közölt 1884-ben a Harvard Photometryben: eszerint a  $\gamma$  Cas fényessége 2,38 magnitúdó. Tekintetbe véve, hogy Pickering a fényes csillagokat a valóságos értéknél némileg halványabbnak mérte, az általa közölt érték körülbelül 2,1–2,2 magnitúdónak tekinthető (Flammarion 1896, p. 763). A 19. sz. végének legfényesebb értékét 1894-ben találjuk, 1,9 magnitúdóval. A század utolsó éveiben viszont — S.W. Burnham kettőscsillag-katalógusának adatai szerint — a  $\gamma$  Cas fénye már ismét 3 magnitúdó volt (Klein 1901).

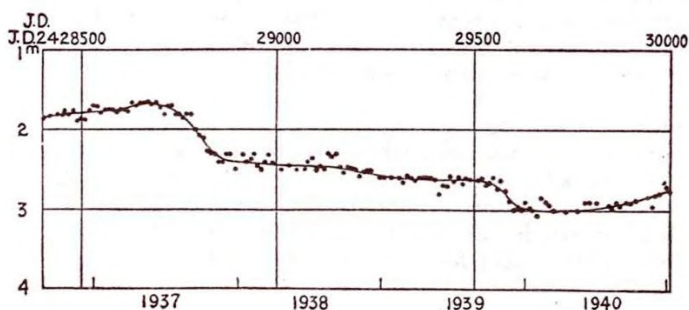
Végeredményben úgy tapasztalhatjuk, hogy a  $\gamma$  Cassiopeiae fényessége az 1880-as évektől — a színképi változásokkal párhuzamosan — kezdett növekedni, maximumát 1,8–1,9 magnitúdóval 1894-ben érte el, és 1900 körül ismét 3 magnitúdóra csökkent.

Már az 1880-as évek csillagászai is arra gondoltak, hogy a  $\gamma$  Cas rendkívüli színképe a csillag igen kiterjedt, forró légkörétől ered. A csillag fotoszférája szolgáltatja a fényes folytonos alapot, erre rakódnak az ugyancsak forró csillag légkör fényes hidrogén és hélium vonalai. A fényes vonalak követik a csillag légkörének időszakos ritkulását és sűrűsödését, vagy hőmérséklet-növekedését és csökkenését. A  $\gamma$  Cas „sztatikusnak” nevezhető modelljét a német Julius Scheiner dolgozta ki részletesen (Scheiner 1912).

Érdekes módon csupán Konkoly Thege Miklós gondolt arra, hogy ez a sztatikus modell nem magyarázza a  $\gamma$  Cas színképének gyors és erőteljes változásait. Ezért arra gondolt — amint ezt egy népszerű előadásában kifejtette —, hogy a  $\gamma$  Cas-n a Nap protuberanciáihoz hasonló, de azoknál sokszorta nagyobb heves gázkilövellések lépnek fel, amelyek a gyors színképváltozást létrehozzák (Konkoly 1886). Ez a felfogás meglepően közel áll mai nézeteinkhez.

### Az 1936/37. évi maximum és a „dinamikus gázhég-modell”

A  $\gamma$  Cas színképváltozását a 19. sz. utolsó negyedében már biztosan megállapították, de a fényváltozás tényének határozott kimutatására csak századunk 30-as éveiben került sor. (Mindaddig a  $\gamma$  Cas nem is szerepelt a változócsillagok jegyzékeiben.) A fényváltozás vizsgálatára különben ez alkalommal is a színképi változások megfigyelése ösztönözte a kutatókat. A csillag spektrumának kutatására egyébként a csillagléggörök fizikájának tanulmányozása készítette a csillagászokat.



1. ábra. A  $\gamma$  Cassiopeiae fényváltozása az 1937. évi nagy kitöréssel és az 1940/41. évi minimummal (Campbell és Jacchia nyomán)

A  $\gamma$  Cas színképének újabb jelentős változásaira 1929-től több kutató is felhívta a figyelmet (7). Így többek között H. Cleminshaw 1935-ben, W.J.S. Lockyer, valamint D.B. McLaughlin 1936-ban közölt áttekintő tanulmányaikban összegezték az előző nyolc-tíz év spektrográf-felvételeinek kiértékeléseit, megállapítva azt, hogy a  $\gamma$  Cas színképe olyan változásokon ment át, mint 1882 és 1900 között (8, 9, 10). A fényes hidrogén- és héliumvonalak megerősödtek, és a kék, illetve közeli ibolyántúli tartományban is megjelentek, egyidejűleg kiszélesedtek és elmosódottá váltak.

A színképi változásokkal párhuzamosan azonban ekkor már számos fényességmérést is végeztek, és a megfigyelésbe bekapcsolódtak az amatőr észlelők is. Ezekből az adatokból kitűnik, hogy a  $\gamma$  Cas fényessége 1927 óta folyamatosan, bár igen lassan emelkedett, 1935-ben 2,3 magnitúdó körül mozgott. 1936 októberében egy éjszaka során 1,6 magnitúdóig emelkedett, majd ismét csökkent kissé. Az év végén (1936) azonban újból felfényesedett, elérte az 1,3 magnitúdót.

Egy kisebb csökkenés után 1937 áprilisában ismét 1,6 magnitúdóra nőtt a csillag fényessége, de az év végére már 2,25 magnitúdóra gyengült, és ettől kezdve lassan egyre halványabbá vált. 1940-ben már 3 fényrend alá süllyedt. 1940/41-ben a  $\gamma$  Cas fényessége 3,0–3,3 magnitúdó között mozgott, a további észlelések tanúsága szerint

ekkor érte el minimumát. Ezután kissé megnőtt a csillag fényessége, de az 1940-es évek végéig általában 2,7–3,0 magnitúdó között maradt (Campbell–Jacchia 1946, Burnham I. 1978).

Az 1936/37-ig tartó emelkedő, majd az 1950-es évekig terjedő csökkenő fényességszakaszok menete nem volt egyenletes. A csillag fénye néha hosszú ideig közel állandó maradt, majd pedig gyors, erős, körülbelül 0,2–0,5 magnitúdós fellángolásokat mutatkozott. A színekfelvételek fotometrikus kiértékelése arra utalt, hogy a maximum körül a  $\gamma$  Cas fotoszférájának hőmérséklete körülbelül 4000 Kelvinnel csökkent az előző években mért értékekhez képest (Burnham I). Érdemes itt megemlítenünk, hogy 1884-ben Kövesligethy Radó már végzett műszeres színmérést (kolorimetrikus mérést) a  $\gamma$  Cas-n, és határozottan megállapította a csillag színváltozását, amit Konkoly Thege Miklós hőmérséklet-ingadozással magyarázott (3).

A másik fontos megállapítás az volt, hogy a csillag körül egy gázhéj alakult ki, amelynek átmérője rövid idő alatt 8 Nap-átmérőről 18 Nap-átmérőre tágult. Ez a kitáguló gázburok okozza a fényes kibocsátási vonalakat (H, He), egyúttal azonban elnyeli a csillag felszínéről (fotoszférájából) kiinduló sugárzás egy részét, ezért csökken látszólag a  $\gamma$  Cas maximumában a felszíni hőmérséklet.

A színképi vizsgálatok alapján Z. Kopal, O. Struve és mások arra a következtetésre jutottak, hogy a forró óriáscsillagokból állandó anyagkilövellés indul ki, amely a gyors tengelyforgás következtében főként az egyenlítő síkjában jelentős. A csillagok időről időre egy-egy gázhéjat dobhatnak le magukról, amely gyorsan tágul, és szétszóródik a térben. Ennek a folyamatnak nyomán lép fel a  $\gamma$  Cassiopeiae és néhány hasonló típusú csillag fényváltozása (Struve, 1957, 1957a).

BARTHA LAJOS

## Irodalom

(Rövidítések: ApJ= Astrophysical Journal, ÉMTK= MTA III. oszt. Értekezések a Matematikai Tudományok Köréből, FÉ= Föld és Ég, Met.= Meteor, ST= Sky and Telescope)

Bartha L. 1968: A  $\gamma$  Cas — fellángolás előtt? FÉ. 3. évf. 4. sz. p. 121.

Burnham, R. jr. 1978: Celestial Handbook. Vol. I. 489-49. New York.

Campbell, L. and Jacchia, H. 1946: The Story of Variable Stars.

Flammarion, C. 1896: Les Etoiles et les Curiosités du Ciel, p. 55–56, 763. Paris.

Keszthelyi S. 1976: A Gamma Cas-ról... Pleione. - Met. 6. 1.p. 14 ff.

Klein, J.H. 1901: Handbuch der allgemeinen Himmelsbeschreibung, III. Aufl. 352, 416, 513.

Konkoly, Th.M. 1886: Az égitestek fizikai alkotásáról, II. 35. Budapest.

Nagy S. 1971: A gamma Cas fényének lassú változása. Met. 1. 3. 11–12.

Secchi, A. 1878: Die Sterne, 96–121. Leipzig.

Scheiner, J. 1912: Populare Astrophysik (Népszerű asztrofizika, Budapest, 1916).

Shelus, P.J. 1967: A Spectrogram of Gamma Cas. ST 33. 4. 220.

Struve, O. 1957: Exchange of Mass in Close Binaries. ST. 17. 2. 70–72.

Struve, O. 1957a: Planetary Nebulae, I. ST 16. 5. 208–213.

Waters, R. 1993: Gamma Cassiopeiae under bekeken. Zenit (Utrecht) 20. 2. 58–62.

## Források

(1) Gothard J.: ÉMTK 10. 8. p. 6. 1883. — (2) Konkoly Th.M.: ÉMTK 10. 2. 15-16. 1883. — (3) Konkoly: ÉMTK 10. 11. 27. + I. képtábla, 1883. — (4) Konkoly: ÉMTK 12. 2. 25-26. 1885. — (5)

Gothard: ÉMTK 12. 3. 10-12. 1885. — (6) Kövesligethy R.: Értekezések a Természettudományok Köréből, MTA. III.oszt. 19. 2. 21. 1889. — (7) (Detre L.) A Kir. Magy. Term. Tud. Társulat Évkönyve 1938-ra. p. 41. Bpest, 1937. — (8) Cleminshow, H.: ApJ 83. 485. 1935. — (9) McLaughlin, D. B.: ApJ 84. 235. 1936. — (10) Lockyer, W.S.J.: Monthly Notices of the Royal Astr. Soc. 83. 485. 1936. — (11) A Magyar Csillagászati Egyesület Változócsillag Szakosztályának Körlevele, 1.sz. (HAA Variable Star Section Circular No. 1. Budapest) 1948. Reprint: PVH Körlevél, 8. sz. 1983. — (12) Jablonczay A.: Adatok a gamma Cas változócsillagról. Met. I. sorozat, 1. 6. 1953. márc. p. 20. — (13) Nagy S.–Somogyi K.: FÉ 2.4. 126 és 127. 1967. — (14) Walsh, L.: "Letters..." - gamma Cas... ST 32. 5.p.265. 1966. Nov.

## Változós hírek

### Fényes szupernóva az NGC 4526-ban

Az SN 1994D jelű szupernóvát (Harvard-száma 1229+08) R.R. Treffers, A. V. Filippenko, S.D. Van Dyke és M.W. Richmond találta a Leuschner Observatory Supernova Search keretében, egy 76 cm-es automatikus távcsővel. Az objektum március 7-én  $R=15,2$  magnitúdós volt, egy korábbi, március 1-jei felvételen halványabb volt  $R\sim 17$  magnitúdónál. A kutatók szerint a szupernóva típusa Ia, az észleléskor kb. 1 héttel maximuma előtt volt. Az SN 1994D 11–12 magnitúdós maximális fényességet érhet el, mivel szülőgalaxisa a Virgo-halmazhoz tartozik.

A szupernóva az NGC 4526 magja közelében észlelhető, attól 9"-cel Ny-ra és 7"-cel É-ra. Megfigyeléséhez a mellékelt Thompson–Bryan-féle térkép használható. Könnyen azonosítható helyen, az R Virginis Mira típusú változó szomszédságában észlelhető. Az új szupernóvát magyar amatőrök először márc. 14/15-én észlelték Rák-tanyáról, ekkor 12,0–12,3 magnitúdós becslések születtek. Lapzártáig nagyjából ezt a fényességértéket tartotta. Az SN 1994D-ről — egyebek mellett — a Meteor Gyors-hírek március 16-i 1994/2. számában tájékoztattuk az észlelőket, pontosabban azokat, akik járatták ezt az időszakos körlevelet. Sajnos továbbra is tapasztalható, hogy még az aktív észlelők közül is nagyon kevesen „fizetik elő” a Gyors-híreket, és ezért lemaradnak ritka csillagászati jelenségekről. A Meteor Gyors-híreket azoknak biztosítjuk, akik küldenek az MCSE-nek saját részükre megcímzett, felbélyegzett borítékokat (5–5 db-ot). (IAU C. 5946, AAVSO Alert Notice 182 — Mzs)

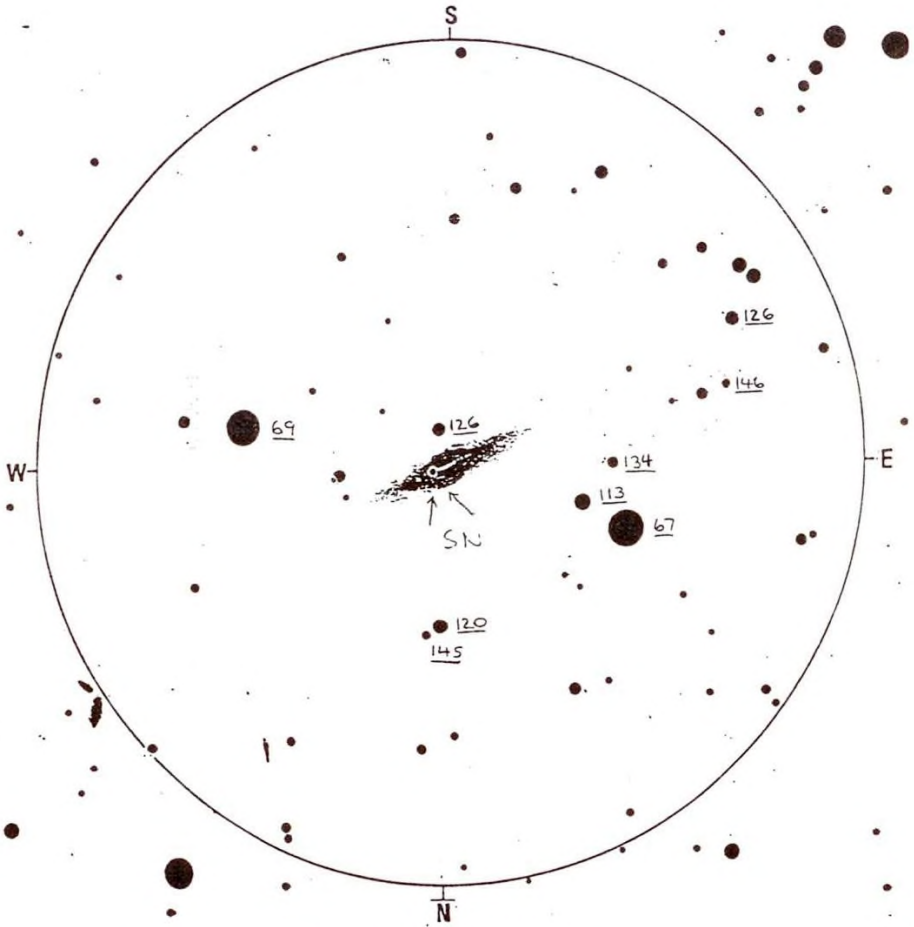
### A Nova Sagittarii 1994 mégsem nóva?

A Meteor Gyors-hírek 1994/1. számában (1994.03.03.) adtunk hírt egy nóvagyánús csillag felfedezéséről. Az objektumot Minoru Yamamoto (Okazaki, Aichi, Japán) fedezte fel Kodak P-Max 400 filmre készült felvételein (febr. 24,85 UT 8<sup>m</sup>9, febr. 25,84 8<sup>m</sup>5). Maximumát március első napjaiban érte el 8,0 magnitúdónál, majd — a nóvákra egyébként jellemző — gyors halványodást mutatott. Március közepén már 12 magnitúdós volt. A Tomaney, R.M. Rich, R.M. Wagner és M. Della Valle március 7-én a La Silla-i 1,8 m-es Perkins-teleszkóppal végzett spektroszkopikus észlelései szerint az objektum színképe egyáltalán nem nóva-spektrum: az erős vörös kontinuumra keskeny emissziós Balmer-vonalak, továbbá emissziós TiO sávok rakódnak, ami M típusú óriásokra jellemző. Színképtípusa március 4-e és 9-e között M0-ról M5-re módosult. A kutatócsoport szerint a „Nova Sgr 1994” hasonlít az M31-ben 1988-ban észlelt különleges csillagra. Az M31-beli objektum két év leforgása alatt több mint 5 magnitúdót fényesedett (abszolút bolometrikus fényessége  $-10^m$  volt maximumban), majd a kitörés után gyorsan halványodott, miközben színképtípusa

NGC 4526

Scale: 10" = 1mm

	R.A.	Dec.
(1900)	12 <sup>h</sup> 29.1 <sup>m</sup>	+08 <sup>o</sup> 15'
(1950)	12 <sup>h</sup> 31.6 <sup>m</sup>	+07 <sup>o</sup> 58'
(2000)	12 <sup>h</sup> 34.1 <sup>m</sup>	+07 <sup>o</sup> 44'



From: Thompson and Bryan 1989 *Supernova Search Charts*.  
 Sequence: PEP(V), Hanes, D. et al. 1976, *MNRAS*, 177, 653; Kilkenny, D. and Malcolm,  
 G. 1984, *MNRAS*, 209, 169; Geneva Obs. Grenon, M. et al.

AAVSO ALERT NOTICE 182 (March 11, 1994)

M0-ról M9-re változott. Eközben infravörösben fényes maradt. Anyagot sem dobott le magáról, ami szintén arra utal, hogy az objektum nem volt nóva. (IAU C. 5949 — Mzs)