

# Az NGC 3201 változócsillagai

A gömbhalmazok több tízezernyi, több százezernyi, sőt akár milliónyi csillag (nagyjából) sferikus csoportosulásai. A legnagyobbak átmérője, vagyis az a térrész, ahol a gömbhalmaz gravitációs dominanciája még együtt tartja a csillagokat, akár a 200 fényévet is meghaladhatja. A Tejútrendszer halójának igen ősi objektumai, a legfiatalabbak is legalább 8-10 milliárd évesek. Csillagaik már akkor ragyogtak, amikor Naprendszerünk, és vele együtt bolygónk még csak nem is létezett.

A William Herschel által gömbhalmaznak elnevezett mélyég-objektumok fényesebb példányai a csillagászati bemutatók alkalmával is mindig osztatlan sikert aratnak. Kétségtelenül van valami varázslatos a látványukban. Népszerűségük titka talán az is, hogy a gyakorlatlan szemlélők számára is könnyen értelmezhető a megjelenésük a távcsőben. Itt természetesen csak a fényesebb, és nagyobb látszó méretű gömbhalmazokról van szó. Galaxisunk nagyjából 150 ismert gömbhalmaz között akadnak szép számmal olyanok is, amelyek megpillantása vagy éppen fotózása igazán komoly feladatot jelent. Az NGC 3201 azonban nem tartozik ezek közé, viszonylag könnyű célpontnak számít – déli helyzete miatt azonban hazánkból elérhetetlen.

A Vela (Vitorla) csillagkép területén található gömbhalmaz hazánkban egyáltalán nem emelkedik a horizont fölé. Saját tapasztalatom szerint azonban Gran Canariáról és Krétáról már kitűnően látható, igaz, itt is viszonylag alacsonyán delel. Amennyiben lehetőségünk adódik, érdemes tehát még ennél is délebbre utaznunk a megfigyeléséhez.

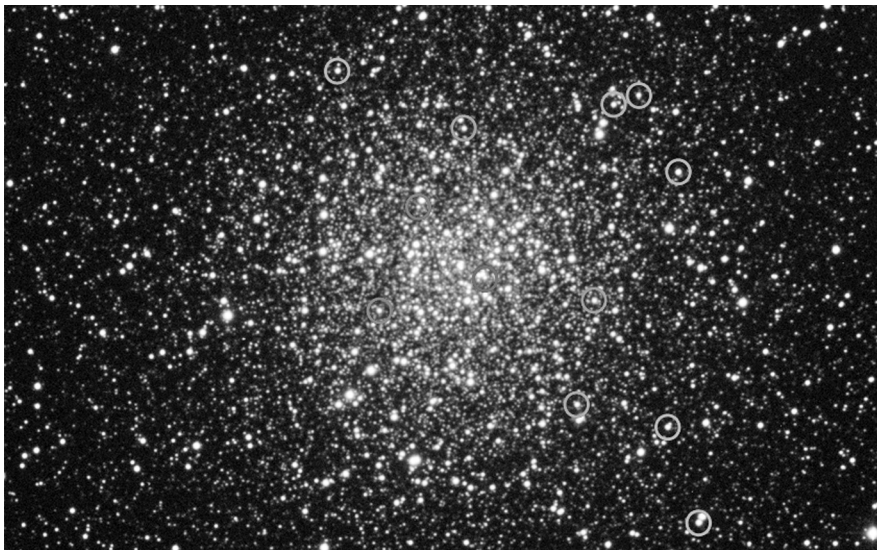
A gömbhalmazt még a XIX. században fedezte fel a skót származású James Dunlop Ausztráliából. 1826. május 1-jén a következőket írta a halmazról: „Szép nagy kerek köd, 4–5' átmérővel. Közepé felé fokozato-

san sűrűsödik, és könnyen csillagokra bontható. Alakja meglehetősen szabálytalan, a csillagok szétszórtabbak a délnyugati oldalon. Némileg vegyes fényességű csillagok alkotják.”

A leírás elég pontosan megadja a halmaz vizuális megjelenését, sőt az említett jegyek a fotón is felfedezhetőek. Dunlop neve leginkább a déli égbolt felméréséről vált ismertté a korabeli Angliában. 7385 csillag katalógizálását végezte el, melyből 256 volt kettőscsillag. Ez irányú megfigyeléseit 1829-ben publikálta (*Approximate Places of Double Stars in the Southern Hemisphere, observed at Paramatta in New South Wales*). Emellett feljegyezte azokat a fényesebb mélyég-objektumokat is, melyeket a katalogizált csillagok közelében észrevett. Nem is csoda, hogy John Herschel, aki szintén kiemelkedő eredményeket ért el a kettőscsillagok és a mélyég-objektumok felmérésben, nagy érdeklődéssel fogadta Dunlop déli égbolton folytatott munkásságának eredményeit. Amikor Herschel 1834-ben megérkezett Dél-Afrikába, azonnal nekilátott Dunlop megfigyeléseinek tüzetes ellenőrzéséhez. Herschel a következőket írta az NGC 3201-ről: „Gömbhalmaz szabálytalan kör alakkal. Közepé felé fokozatosan fényesedik, nem igazán sűrű. Mérete 6'. 13–15 magnitúdós csillagokra bontható.”

Herschel Dunlop megfigyeléseivel kapcsolatban több pontatlanságra is fényt derített. Ennek köszönhetően az addig a brit csillagászok körében ünnevelt Dunlop népszerűsége ugyan jelentősen csökkent, de ez mit sem változtat azon a tényen, hogy több déli mélyég-objektumnak is ő a felfedezője. Kettőscsillag-katalógusokban igen gyakran találkozhatunk a DUN előtaggal. Nevét vitathatatlanul beírta a csillagászat történetébe.

Ez a 8,24 (V) magnitúdójú gömbhalmaz több szempontból is felhívja magára a figyel-



Változócsillagok az NGC 3201-ben. A felvételek készítése során többnyire az RR Lyrae csillagok fényváltozást sikerült megörökítenem (néhányat külön megjelöltem). A fényváltozást bemutató animáció a [firmamentum.hu/ngc3201/](http://firmamentum.hu/ngc3201/) oldalon található

met. Más gömbhalmazokkal összehasonlítva rögtön szembetűnő, ahogyan Dunlop és Herschel is leírta, hogy szerkezete laza, csillagaik a mag felé kevésbé koncentráltak. A Shapley–Sawyer 12 fokozatú osztályozás szerint a besorolása: X. (Ezen a skálán római számokkal jelölik a koncentráció mértékét. Az I. osztályúak a legkoncentráltabbak, míg a XII. osztályba tartoznak a leglazább halmazok.)

Az NGC 3201 látszó mérete 18,2', nemcsak igen laza a felépítése, de igen kiterjedt is. Minthogy 10°-nál alacsonyabb galaktikus szélességen helyezkedik el ( $l=277,2^\circ$ ,  $b=8,6^\circ$ ), így Tejútrendszerünk viszonylag sűrű csillagmezéjén keresztül látunk rá. A felvételen is mindössze egy 8–10' átmérőjű, kissé aszimmetrikus terület az, ami elsőre megragadja a tekintetet. Hosszabban szemlélve a képet, azonban összeáll a látvány, és rádöbbenünk, hogy a külső régiók halványabb csillagai szinte mindenütt ott vannak a látómezőben. (A látszó méretek érzékelése végett megjegyzem, hogy a kép jobb felső részében található két fényes, kékes színű előtérscillagot nagyjából 5,5' választja

el egymástól.) Természetesen a csillagászok nem a látványra hagyatkoznak, amikor halmaztagokra „vadásznak” a látómezőben. Könnyen előfordulhat, hogy a magvidéken látható fényes csillag valójában közelebb van hozzánk, míg a képen a magtól távolabb lévő csillag nem is előtérscillag.

Tekintve, hogy a halmaz csillagai gravitációsan kötődnek egymáshoz, így együtt mozognak a térben. Amennyiben a halmaz közeledik, vagy távolodik tőlünk, akkor a Doppler-effektusnak köszönhetően csillagainak színképvonalai eltolódnak a kék, illetve a vörös irányba. Ennek mértékéből kiszámolható a csillagok radiális sebessége (látóirányú sebessége). Ebből pedig következtetni lehet a csillagok hovatartozására, ugyanis a tagok az egész halmazra jellemző radiális sebesség-értékhez közel mutatnak szórást. A csillagok sajátmozgása (látóirányunkra merőleges mozgása), akárcsak a radiális sebessége, szintén segíthet eldönteni azt a kérdést, hogy a halmazhoz tartoznak-e, vagy sem. A gömbhalmazok nagy távolsága miatt a sajátmozgás kimérése már sokkal nehezebb feladat, azonban közel sem

lehetetlen. Vagyis a spektroszkópián alapuló eljárásokkal, illetve a csillagok sok év alatt történő elmozdulását felhasználva, megfelelő matematikai módszerekkel kiválogathatóak a gömbhalmazhoz tartozó csillagok.

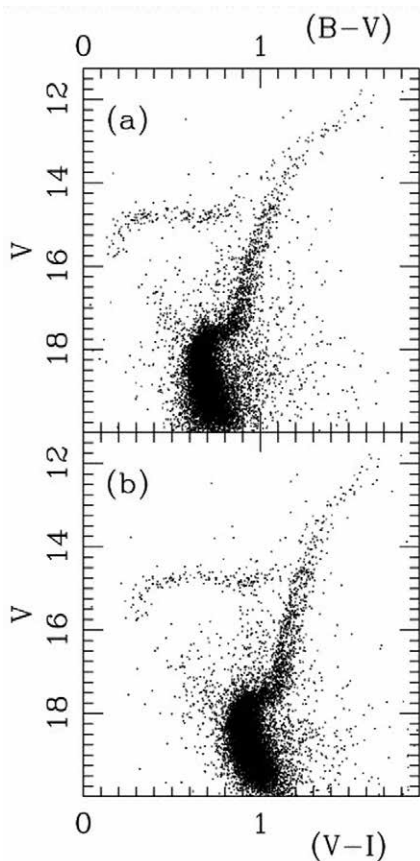
Az NGC 3201 esetében a színképvonalak a Doppler-effektusból származó kékeltségével arról tanúskodik, hogy a gömbhalmaznak 494 km/s a radiális sebessége, vagyis örült tempóban közeledik felénk. Ez az objektum tartja a pozitív radiális sebességrekordot a gömbhalmazok között (az NGC 6934 negatív rekorder is „csak” 411 km/s-mal távolodik tőlünk). Ennek a kiugróan magas értéknek köszönhetően e halmaz csillagai jól elkülönülnek a látómező többi csillagától. De honnan ez a hatalmas radiális sebesség? Valójában mi is egy „száguldó vonaton ülünk”, ugyanis a Nap a galaxisunk centruma körüli keringési sebessége igen tekintélyes: nagyjából 230 km/s. A vizsgálatok tanulsága szerint az NGC 3201 a Galaxis centruma körül igen elnyúlt (nagy excentricitású), a galaxis síkjával jelentős (18°) szöget bezáró pályán, durván 250 km/s sebességgel kering a Napunkkal és a galaxis korongjának csillagaival ellentétes irányba. Mozgása tehát retrográd, és éppen emiatt látjuk hatalmas sebességgel közeledni. Az extrém sebességű retrográd pályára a legkézenfekvőbb magyarázat az lenne, hogy az NGC 3201 nem a Tejútrendszerünkben született. Amennyiben egy befogott, majd később szétszaggatott galaxisban keletkezett volna, vagy éppen egy néhai törpegalaxis magja lenne, akkor annak összetételében meg kellene mutatkoznia. Mind ez idáig azonban a spektroszkópiai vizsgálatoknak ezt nem sikerült igazolnia. Bár a kinematikája alapján valószínűnek tűnik extragalaktikus eredete, azonban kémiai evolúciója nagyban hasonlít a többi, feltehetőleg „őshonos” galaktikus gömbhalmazéhoz.

Nincs is túlságosan messze tőlünk, sőt a legközelebbi gömbhalmazok egyike. De honnan tudjuk mindezt? A gömbhalmazok bővelkednek RR Lyrae típusú pulzáló változócsillagokban. Ezen halmazváltozóknak



Az NGC 3201 elhelyezkedése Napunkhoz és a Galaxis centrumához képest a Tejútrendszer északi pólusa felől nézve

is nevezett csillagok fényességváltozásának periódusa és abszolút fényessége között reláció áll fenn, így tökéletesek távolság meghatározásra. Elég megmérni a periódusukat, amiből meghatározható abszolút fényességük, vagyis milyen fényesek lennének, ha 10 pc távolságban lennének tőlünk. A látszó fényességből és a számított abszolút fényességből a távolság már meghatározható. Az NGC 3201 esetében csak a mag durván 0,5° sugarú környezetében 86 RR Lyrae csillag található, melyek közül az elsőket még 1919-ben fedezték fel. A kutatóknak azonban egy jelentős nehezítő körülménnyel is meg kellett küzdeniük. Ahogy fentebb is említettem, az NGC 3201 nem sokkal a Galaxis síkja fölött látszik, és erre nemcsak sok előtérscillag, de tekintélyes mennyiségű por is található. A por pedig vörösíti a csillagok fényét, illetve a látszó fényességükre is hatással van. Tovább nehezíti a dolgot, hogy ez a hatás változó a gömbhalmaz különböző területein. A csillagászok azonban előbb-utóbb kitalálnak valamit, hogy a fizika az ő kezükre játsszon. Már a múlt század hatvanas éveiben észrevették, hogy ezen változócsillagok „színe” közel hasonló minimum környékén. Tudományosanabbán megfogalmazva a B és V szűrőkkel felvett minimumbeli fényességek különbsége (kis korrekciók után) nagyon hasonló. Így az



Az NGC 3201 szín-fényesség-diagramja

előtér okozta vörösödés már meghatározható. A kétezres évek elején kiderült, hogy a V és I szűrőkkel felvett minimumbeli fényességek különbsége még jobb indikátor. Mindenesetre a csillagászok kezében mára megvannak a megfelelő eszközök, hogy az RR Lyrae csillagokat felhasználva, és a vörösödést csillagonként figyelembe véve viszonylag nagy pontossággal meghatározzák az NGC 3201 távolságát. Egy 2014-es vizsgálat szerint a gömbhalmaz távolsága 5 kpc (kb. 16 300 fényév)  $\pm$  0,001 kpc (statistikai hiba)  $\pm$  0,220 (szisztematikus hiba).

Nem az RR Lyrae típusú változócsillagok az egyedüliek a gömbhalmazokban, melyek

felhasználhatóak a távolság meghatározására. Az SX Phoenicis (SX Phe) gyors pulzációt (0,7–1,9 óra) mutató csillagok fényváltozása és fényessége között is van reláció. Az előbb említett tanulmány szerzői e független módszer segítségével is meghatározták az NGC 3201 távolságát, és szintén 5 kpc távolságot kaptak eredményül.

A távolság ismeretében a látszó méretek átszámolhatóak valós méreteké. Az NGC 3201 csillagai közel 43 fényéves sugarú tartományát töltik ki a világűrnek (18,2' látszó méret és 16 300 fényéves távolság esetén). Méreteit tekintve nem számít nagy gömbhalmaznak, csak nagyjából fele akkora, mint például az M3. A mag sugara, vagyis az a távolsága, ahol a halmaz centrumától fokozatosan csökkenő luminozitás a felére esik vissza, 6,2 fényév ( $r_c=1,3'$ ). A gömbhalmaz fényének 50%-a pedig mindössze 14,7 fényév sugarú tartományból származik ( $r_h=3,1'$ ).

A gömbhalmaz B–V színindexe 0,94, vagyis csillagait „összemosva” sárgás színt kapnánk, némi narancsos árnyalattal. Ebben igen nagy szerepe van a fentebb említett galaktikus por vörösítő hatásának, azonban sokkal fontosabb, hogy miféle csillagok alkotják, és milyen mértékben járulnak hozzá a fényéhez.

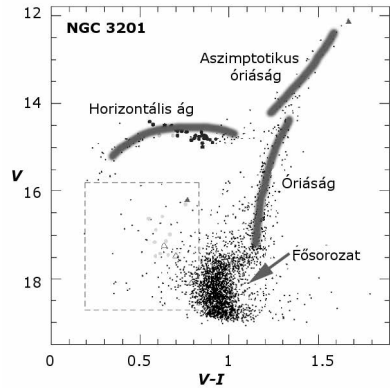
Egy csillaghalmazról sok mindent elmond a szín-fényesség-diagramja, mely tulajdonképpen a klasszikus Hertzsprung–Russell-diagram modern, „gyakorlatias” változata. A vízszintes tengelyen két különböző szűrővel mért fényességértékek különbsége (ebben az esetben B–V és V–I) van feltüntetve a színképosztály helyett. A függőleges tengelyen pedig az egyik színszűrővel (V szűrő) felvett fényességérték szerepel.

Az NGC 3201 szín-fényesség-diagramján rögtön szembetűnő, hogy a jelentősebb fényességű, a Nap tömegét jelentősen meghaladó nagy tömegű csillagok már mind hiányoznak a fősorozatról, sőt már ki is hunytak, miután szupernóvaként lángoltak fel. A nagyobb tömegű csillagok gyorsabban leélik életüket. Mára csak a közepes tömegű (0,5–10 naptömeg) csillagok alsó

tartományának képviselői maradtak a halmozban.

A csillaghalmazok szín–fényesség-diagramja az idők folyamán megváltozik. A nagyjából azonos időben keletkezett csillagok közül először a nagyobb tömegűek vándorolnak el a fősorozatról, miután magjukban felhasználták a hidrogénfúzióhoz szükséges készleteiket. Mivel nagyobb tömegűek, így ezek a csillagok forróbbak is, s éppen ezért kékebbek. Az elvándorlás folytatódik, ahogy telik az idő, méghozzá a kisebb tömegű, ezért hűvösebb, vörösebb csillagok irányába.

A Nap tömegének nagyságrendjébe eső, a fősorozatot elhagyó csillag esetén a hidrogénfúzió már régen nem a magban zajlik. Ekkorra a hidrogén héliummá történő átalakítása már a magot körülvevő külső héjba tevődik át, melynek következtében a csillag felfúvódik, és külső része lehűl, így jut el a vörös óriás fázisba. A horizontális ág tagjai pedig a magjukban már héliumból sznetet hoznak létre. Ez a folyamat a kék szín irányába tolja a csillag fényét. Az óriások és a horizontális ág közötti rés bal oldalán találhatóak a már korábban említett RR Lyrae csillagok. Azért van ott a rés, mert csillagászati értelemben a két fejlődési állapot közötti utat a csillagok hamar bejárják. Az RR Lyrae változócsillagok magjában már javában folyik a hélium szénné alakítása. Míután a hélium is elfogy az addigra szénben és oxigénben gazdag magban, a fúzió az azt körülvevő külső héjba tevődik át. Az energia nagy része azonban nem itt keletkezik, hanem a külsőbb hidrogén héjban. A csillag külső rétegei ismét felfúvódnak és lehűlnek. Ennek köszönhetően a csillag fényessége ismét megnő, túlszárnyalva a korábbi vörös óriás fázist, széne pedig ismét a vörös felé tolódik. A csillag elfoglalja helyét az aszimptotikus óriás ágon. Ezen csillagok tömege már nem elég nagy, hogy a héliumnál nehezebb elemek fúziója beinduljon. A héjakban is idővel elfogynak a tartalékok, leáll a fúzió. A csillag külső rétegeit a világűrbe pöfékelve megindul a fehér törpévé válás útján.



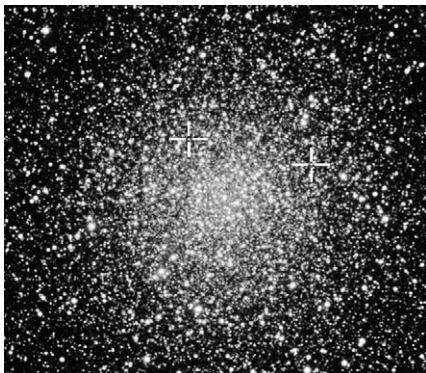
A szín–fényesség-diagram (bővebben I. a szövegben)

Az NGC 3201-ről készült felvételemen is az aszimptotikus óriás ág, és a korábban említett vörös óriások narancsos, vöröses színű csillagai uralják a látványt. Ehhez társulnak az NGC 3201 más gömbhalmazokhoz képest viszonylag népes horizontális ágán lévő csillagainak sárgás, sárgásfehér, kékesfehér színű csillagai.

Nem minden kékesfehér csillag tartozik azonban a horizontális ághoz. A fenti ábrán feltűnik valami furcsaság: a fősorozatot meghosszabbítva ott, ahol az óriás ág felé elkanyarodik (Turn Off Point), csillagokkal találkozunk a diagramon (a szaggatott vonallal határolt területről van szó). Ezek a csillagok nagyon nem illenek bele abba a képbe, amit éppen az imént vázoltam. A fősorozat közelében abban a tartományban találhatóak, ahonnan korábban a nagytömegű kékes csillagok már régen elfejlődtek. Mit keresnek mégis ott ezek a kék vándoroknak nevezett égitestek?

Létezésükre a ma elfogadott egyik magyarázat, hogy halmaztagok összeolvadásával jönnek létre. Az így keletkező csillag potenciálisan nagyobb tömegű, mint a fősorozaton tartózkodó társai. A nagyobb tömegű csillagok pedig forróbbak és így kékebbek is. Az ellentmondás ezek fényében csak látszólagos. Az összeolvadást látszik megerősíteni, hogy jellemzően a gömbhalmaz sűrűbb régiói környékén fordulnak elő. Illetve,

sokuk igen gyorsan forog. A leggyorsabban forgók pedig a centrum körül figyelhetőek meg, melyek közül ráadásul néhány igen gyorsan, hiperbola pályán mozog. Ezek sorsa már megpecsételődött, úton vannak, hogy végleg elhagyják a halmazt. A másik favorizált elmélet szerint e csillagokat a kezdetben nagyobb tömegű párjuk hizlalta fel. Mivel a társ nagyobb tömegű volt, így gyorsabban fejlődött, a fősorozatot elhagyva felfúvódott és kitöltötte a Roche-térfogatát, így a ma a kék tévelygők jellegzetességeit mutató komponens megszerezte annak anyagát. Ezt az elméletet látszik alátámasztani, hogy bizonyos kék tévelygők felszínének szén- és oxigéntartalma jóval kisebb, mint az szokásos. Ez pedig anyagátadásra utal.



Az NGC 3201-ről készült felvételemen külön megjelöltem két kék vándort, melyek egyben az SX Phe változócsillagok családjába is tartoznak. Az SX Phe változócsillagok ismert gömbhalmazbeli példányai egytől-egyik kék tévelygők

Egyes kutatások szerint a két mechanizmus akár egyszerre is jelen lehet a gömbhalmazokban. Míg az anyagátadásos „megfiatalodás” inkább a külső régiókra, addig az ütközéses/összeolvadásos keletkezés inkább a halmaz magja környékén lehet jellemző. Nehéz eldönteni, hogy melyik elmélet a helyes. Könnyen lehet, hogy ez a kérdés nem is a gömbhalmazokban dől majd el.

Kék tévelygők nyílthalmazokban is előfordulnak. Csillagászok a Hubble-úrteleszkóppal megvizsgálták az NGC 188 21 kék vándort.

Miért éppen nyílthalmaz volt a célpont? Mert a gömbhalmazokkal ellentétben nem zsúfolt csillagkörnyezetben kellett elvégezni a megfigyeléseket. Azért választották ezt a halmazt, mert 7 milliárd éves korával az egyik legöregebb a Tejútrendszerben, s így a kék vándorai sem annyira „kékek”, megkönnyítve a kísérők kimutatását. Több jelölről már eleve tudható volt, hogy kettős rendszer része. Az egymás körül „táncoló” tagok közeledése vagy távolodása megmutatkozik a spektrumukban (Doppler-effektus). A kettősség másik jele, hogy a főkomponens spektrumára ráakódik a másik tag színképe. Vagyis valójában nem egy, hanem két csillag spektrumát látjuk. Ezek a spektroszkópiai kettőscsillagok. Izgalmas kérdés a kísérő mibenléte. A kék tévelygők emissziójában kerestek olyan UV többletet, melyet csak egy fehér törpe társ okozhat, és 7 csillag esetében találtak is ilyen.

A közvetlen bizonyítékok mellett így közvetlen bizonyíték is van már arra, hogy a kék vándoroknak a fejlődésben előrehaladott kísérőik vannak. Ezek a fehér törpék a Nap tömegével nagyjából megegyező, illetve nem sokkal nagyobb tömegű csillagoknak a felfúvódást követő végstádiumai. A fúziós folyamatok már megszűntek bennük, így szép lassan kihűlnek. 7 csillag esetén meglett tehát a társ, amelytől korábban a ma kék tévelygők „gúnyáját” viselő csillagok anyagot szereztek. A vizsgálati módszer korlátai miatt az öregebb, 11 000 K alá hűlt fehér törpék már nem ragyognak elég fényesen az UV tartományban, így a HST-vel azokat már nem lehet detektálni. Vagyis csak az utóbbi 250 millió évben kialakult fehér törpék megfigyelésére volt mód. Mindazonáltal további 7 csillag színképe, és kísérőjének kikövetkeztetett tömege alapján arra gyanakodnak a kutatók, hogy azok körül is fehér törpe kísérő keringhet. Nagyon óvatosan fogalmazva a tömegátadásos folyamatok alsó korlátja 33% körüli, vagyis legalább a kék tévelygők egyharmada köszönheti ennek a létét. Jóval kisebb valószínűséggel ugyan, de ez a korlát akár 67% is lehet. Mindenesetre az NGC 188

21 csillagának kutatását még nem zárta le a csapat, és tervezik folytatni a munkát.

Az NGC 3201 különlegessége, hogy ez a második olyan gömbhalmaz (az M4 után), amely annak ellenére, hogy nem tartozik a nagy tömegű halmazok közé, mégis kimutathatóan inhomogén csillagpopulációkat tartalmaz.

Sokáig úgy vélték, hogy a gömbhalmazok valamennyi csillaga egyszerre keletkezett. A kutatók azonban felfedezték, hogy bizonyos gömbhalmazok nem egy nemzedék csillagaiból állnak. Létezik olyan halmaz, amelynél az első nemzedék után 100 millió évvel alakult ki a következő, de olyan is akad, ahol három különböző generációt sikerült kimutatni. Minderre a gömbhalmazok utóbbi időben elvégzett spektroszkópiai és fotometriai elemzése világított rá.

A különböző populációknak más a hélium- és fémtartalma, melynek oka az eltérő életkoruk. Ugyanis a később született csillagok már tartalmazták a korábbi generációk által legyártott elemeket, melyeket azok késői fejlődési fázisukban kibocsájtott csillagszél, illetve a nagyobb tömegűek halálakor bekövetkező szupernóva-robbanások révén juttattak az akkor még a gömbhalmazokban jelenlévő intersztelláris gázba. Éppen ezért, az ebből a szennyezett gázból születő újabb populációk már héliumban és fémekben jóval gazdagabbak lettek.

Ha veszünk két azonos tömegű, de eltérő kémiai összetételű csillagot, majd megvizsgáljuk, milyen életpályát futnak be a szín-fényesség diagramon, akkor azt fogjuk tapasztalni, hogy kissé különböző görbéket követnek. Ugyanabban az életszakaszban az egyik kissé kékebb vagy éppen fényesebb lesz, mint a másik. Fotometriai vizsgálatokkal a csillagászoknak sikerült összefüggést feltárni az NGC 3201-ben a csillagok színe, fényessége és a halmazon belüli eloszlása között, vagyis az előbbieken alapján különböző csillagpopulációk jelenlétére bukkantak.

Ehhez a szubóriás és óriáság csillagait vizsgálták meg. Leegyszerűsítve, a szín-fényesség-diagram e két sávját felszelelték

kékebb és vörösebb, illetve fényesebb és halványabb részekre, majd vizsgálták ezek eloszlását a gömbhalmazon belül a centrumtól mért távolság függvényében. Azt tapasztalták, hogy a szubóriás ág U szűrővel fényesebbnek mutató tagjai kevésbé koncentráltak a mag felé, mint a halványabb társaik. Hasonlóan, távolodva a centrumtól, növekszik az óriáság kékebb tagjainak aránya. Ezt a kutatást követte a halmaz spektroszkópiai elemzése a halmaznak, mely megerősítette a fotometriával kapott eredményt. Az NGC 3201 óriáságának kémiai összetétele alapján megállapították, hogy a második generáció óriáscsillagai nagyobb koncentrációt mutatnak a halmaz centruma felé, mint a korábban születettek. Ez jó összhangban van a gömbhalmazok kialakulásával és fejlődésével kapcsolatos multipopulációs elméletekkel.

Még sok részlete nem tisztázott annak, hogy miként is születtek a csillagok különböző generációi a gömbhalmazokban. Nem teljesen világos az sem, hogy pontosan milyen mechanizmusok révén szennyezték be az elsők a következő nemzedék bölcsőjéül szolgáló por- és gázfelhőket. Az NGC 3201 mindenesetre fontos eleme a kozmikus „kirakós játéknak”. Rajta keresztül (is) talán egyszer még pontosabban megértjük majd a gömbhalmazokat, s így a Tejútrendszer kialakulását és fejlődését.

Végül egy személyes megjegyzés. Sok éven keresztül követtem vizuális megfigyelőként, amatőr csillagászként csillagok fényesség-változását. Éppen ezért, mióta elkezdtem asztrofotózással foglalkozni, dédelgettem a tervet, hogy egyszer magam készítette felvételek segítségével mutathassam meg egy gömbhalmaz változócsillagait. Talán meglepi az olvasót, de nekem a monokrom felvételen pislogó csillagok nagyobb élményt jelentettek, mint a végső színes kép, noha tagadhatatlan, hogy a csillagok színes kavalkádja is nagyszerű látvány.

*Tóth Krisztián*

*firmamentum.hu*