

## 400 év nívái

A nívacsillagok az Univerzum szerkezetének, működésének megismerésében jelentős szerepet játszottak. Az 1572-ben megfigyelt szupernóva romba döntötte az égbolt változatlanságába vetett hitet (a periodikusan ismétlődő jelenségek, mint a holdfázisok vagy a bolygók mozgása a változatlanság része lehetett). A rá következő évtizedekben egyre-másra fedezték fel az új csillagokat (nova stella, azaz nívó) és más változócsillagokat. Mintegy háromnegyed évszázaddal később Riccioli *Almagestum Novum* c., 1651-ben megjelent könyvében már tizennégy elgondolást hozott fel a nívacsillagok és a változócsillagok jelenségének megmagyarázására.

A távcsöves megfigyelőcsillagászat 400 évvel ezelőtt kezdődött: ezt megelőzően is észleltek azonban már néhány nívacsillagot és szupernóvát is. A legjelentősebb megfigyelések az 1572. évi, Tycho-féle szupernóváról (B Cas) születtek, amelyről Tycho kimutatta, hogy nincsen mérhető parallaxisa, ezért egyértelműen a Holdnál távolabbi égitest. Mivel Arisztotelész óta az égitestek világának a Holdat és a Holdon túli objektumokat tekintették, a B Cas a csillagos égbolt mélységeihez tartozott.

A távcső feltalálását követően, de 1900-at megelőzően elszórva fedeztek fel nívákat, ám egyik e korszakban született nívafelfedezés sem hozott az 1572. évi szupernóvához mérhető áttörést a tudományos megismerésben. 1670-ben Dom Anthelme fedezte fel – a mai jelöléssel CK Vulpeculae-nek nevezett – nívát, amelyet a kortársak közül például Hevelius és Cassini is megfigyelt. J. L. d'Agelet 1783-ban ugyan észlelt egy olyan csillagot, amit később nem találtak az égen: könnyedén átsiklottak felette, pedig ez – a ma WY Sagittae-nek nevezett – nívárobbanás volt. Csak az észlelés helyén lévő objektum modernkori megfigyeléséből tudjuk, hogy ez egy nívó volt.

A P Cygni-t először nívaként regisztrálták 1600-ban, csakúgy, mint az Eta Carinae-t. Az Eta Car fényességét 1677-ben Halley 4 magnitúdósnak jegyezte fel, de 1843-ban hirtelen elkezdte növelni fényességét, magára vonva John Herschel és a kortársak figyelmét. A tudományos megismerés előrehaladtával utólag azonban kiderült, hogy ezek nem a nívacsillagok közé tartoznak. A V841 Oph-t 1848-ban J. R. Hind fedezte fel – ez volt az utolsó valódi nívó, amelyet a színképelemzés csillagászatbeli alkalmazásának kezdete előtt felfedeztek.

Az első nívó, amelyet spektroszkópiailag is észleltek már, az 1866-ban feltűnt T Coronae Borealis volt – a megfigyeléseket William Huggins és William Miller végezte. Manapság ezt a csillagot a rekurrens (visszatérő) nívák közé soroljuk. A T CrB színképi vizsgálatait a Q Cygni – 1876-ban – és a T Aurigae – 1892-ben – megfigyelései követték. Hugginson kívül e két utóbbi nívacsillag spektroszkópiai vizsgálatait Hermann Carl Vogel (1841-1907) és Wilhelm Oswald Lohse (1845-1915) végezték, és emellett kifejlesztették a nívacsillagok első modern, ámbar durva modelljeit. (A T Aur-t Gothard Jenő is megfigyelte, megfigyeléseit németül az *Astronomische Nachrichten*ben hozta nyilvánosságra.)

Ezidőtájt a változócsillagok vizuális fényességbecslése már jól begyakorolt és általánosan művelt észlelési mód volt, főleg Argelandernek és tanítványainak köszönhetően. Ám sokkal fontosabbnak bizonyult a Harvard Obszervatórium "Égi Őrjárata" (Sky Patrol), amelynek során kezdetben az északi égboltot rendszeresen fotografikusan monitorozták új változócsillagok keresése céljából. (A vizsgálatokat hamarosan kiterjesztették a déli égboltra is.) Ennek a programnak a keretében nemcsak számos új nívacsillagot fedeztek fel, de lehetővé vált azt is, hogy – mint a T Aur esetében – a nívának a felfedezését megelőző időszak fénygörbéjét is rekonstruálhassák. Nemsokára az amatőrcsillagászok bevonása a változócsillagászatba lehetővé tette a nívakutatások számára nélkülözhetetlen fénygörbe-adatbázisok létrehozását. (Az AAVSO 1911-ben alakult meg, és hamarosan más országok változócsillag-észlelő közösségeinek szervezetei is létrejöttek.)

## Híres nívák a huszadik században

A huszadik század első nívája a legragyogóbb nívacsillagok egyike volt. A Nova Persei 1901 = GK Persei fényes, nagyon gyors nívá volt, és fényessége erőteljesen ingadozott a kései fázisokban. "Fényvisszhangot" is mutatott, amit Ritchey és mások is vizsgáltak. A legutóbbi időkben számos újabb ilyen fényechót lehetett tanulmányozni: az LMC-ben felrobbant SN 1987A szupernóva körül, vagy egy másik nagyon látványos ilyen jelenséget a V838 Monocerotis produkált 2002-ben. Az 1572-ben feltűnt Tycho-féle szupernóva körüli fényechó ma is látszik és modern műszerekkel is tanulmányozzák.

A GK Per volt az első nívá, amelyben megfigyelték a kilövellt anyagfelhő héjainak időbeli fejlődését is (Ritchey, 1916). A héjakat sok hullámhosszon, többféle módszerrel is vizsgálták, pl. fényképezéssel, vizuálisan, vagy éppen ultraibolya spektroszkópiával.

De a GK Persei robbanása után sok-sok évvel is tartogatott meglepetéseket: halványodása során felvett színképeiben nemcsak az [OIII] tiltott vonalait, hanem a [Ne III] szintén tiltott vonalait is megfigyelték. Így az úgynevezett neon-nívák csoportjába tartozik – csak 1985-ben különítették el a neon-nívákat a többi nívától.

Egy másik híres nívá volt az RR Pictoris, ami 1925-ben tűnt fel. Ez egy lassú nívá volt a déli égbolton. Johannes Hartmann számos színképet készített erről az objektumról, és a tudományterület legrövidebb publikációját tette közzé az RR Pic kapcsán az *Astronomische Nachrichten*-ben: "RR Pic. Nova-Problem gelöst. Stern bläht sich auf, zerplatzt." (RR Pc. Nívá-probléma megoldva. A csillag felfúvódik, szétrobban.) Ezzel szembeállítható az RR Pic-ről Sir Harold Spencer Jones által írt 550, nagyalakú lapból álló könyv, amely e jeles nívá színképi vizsgálatainak eredményeit összegzi (Jones, 1931).

Az 1934-ben feltűnt DQ Herculis-ról még alaposabb megfigyeléseket végeztek. Maximumától elhalványodásáig a csillag minden spektrális változását feljegyezték, észlelték – mély minimumát pedig egyértelműen a csillag körül elindult porképződés okozta. A DQ Her kidobott anyagfelhője ugyancsak ismeretes egyenlítői gyűrűjéről és sarki buborékairól, ami sok lassú nívá körül szintén létrejön. A robbanás maradványát, az "exnívát" 1954-ben Walker vizsgálta meg alaposabban, és felfedezte, hogy az egy fedési kettőscsillag.

A 20. század utolsó harmadában ugyancsak számos nevezetes nívá tűnt fel, mint például a HR Del (1967), valamint a nagyon fényes, gyors V1500 Cyg (1975). Más nívák arról híresek, hogy bizonyos hullámhosszakon vagy speciális távcsövekkel ezeket tanulmányozták első ízben: például a V1668 Cyg-et (1978) ultraibolya fényben az International Ultraviolet Explorer műholddal, a GQ Muscae-t (1983) a röntgentartományban működő Exosat-tal, vagy a V1974 Cyg-et (1992) a Hubble Űrtávcsövel.

## A nívák osztályozása

Valaha a nívákat ideiglenes csillagoknak is hívták. Tycho használta a 16. században először az "új csillag" = stella nova kifejezést rájuk, ami később csak nívára rövidült. A nívákat gyorsan megkülönböztették a többi, szabályos vagy éppen szabálytalan változócsillagtól. Az 1920-as években megjelent az *Asztrofizika kézikönyvében (Handbuch der Astrophysik)* a változócsillagokat és a nívákat két különböző fejezetben ismertették. Egy mai olvasó ugyancsak elcsodálkozna, ha látná, hogy ebben a könyvben a nívákat és az U Gem-típusú csillagokat abban a korban nagyon is különböző objektumtípusnak tekintették. Ezt a határvonalat a későbbiekben azáltal sikerült elmosni, hogy lehetővé vált a nívák részletes vizsgálata minimumbeli fényességük idején is, valamint az is

hozzájárult a terület fejlődéséhez, hogy felismerték: egyes nóvák ismétlődően kitörnek.

Ritchey és Curtis 1917-ben felfedezte, hogy nóvák spirálködökben is előfordulhatnak. Az első korai példák erre az S And és a Z Circinis voltak – ma mindkettőt szupernóvának tartjuk -, de néhány halványabbat is találtak. 1920-ban Lundmark felismerte a különbséget az előbbi kettő és a többi halvány nóvacsillag között, és amellett érvelt, hogy sok spirálködbeli nóva sokkal, de sokkal fényesebb kellett, hogy legyen a valóságban a mi Galaxisunkbeli nóváknál, és ezért az óriásnóva elnevezést javasolta rájuk. Curtis már 1921-ben elfogadta ezt a megkülönböztetést, és két fényességosztályról beszélt. Lundmark 1927-ben a fényesebb csoportot felsőosztálybeli nóváknak nevezte. 1929-ben Baade és Hubble egymástól függetlenül elfogadta a fényesebb osztály létét, és az ide tartozó objektumokat összefoglaló néven egyikük főnóváknak, másikuk kivételes nóváknak keresztelte. 1933-ban ismét Lundmark volt az, aki szupernóváknak nevezte ezúttal őket, és 1934-ben írt munkáikkal Baade és Zwicky ezt az elnevezést terjesztette el végül.

Végül 1935-ben Lundmark egy hármas felosztást javasolt a nóvákra: szupernóvák (vagy felsőosztálybeli nóvák, mint az S And), középosztálybeli nóvák (vagy közönséges nóvák, mint a GK Per), és alsóosztálybeli nóvák (vagy törpenóvák, mint pl. a WZ Sge). Megjegyzendő, Lundmark törpenóva kifejezése nem azt takarja, amit ma értünk törpenóvák alatt: mi bele vesszük az ismétlődően kitörő nóvákat, mint pl. az U Gem-et, a VW Hyi-t vagy a Z Cam-ot; ő a törpenóva kifejezést azokra a csillagokra értette, amik nagyon ritkán törnek ki, és halványak, de nagy amplitúdójúak, mint pl. a WZ Sge. Geraszimovics 1934-ben használta először a "klasszikus nóva" kifejezést, Lundmark második csoportjára (de nem értette bele a rekurrens nóvákat). Az 1970-es években az osztályozási sémát Brian Warner tekintette át és alakította ki a ma használatos rendszert (néhány speciális altípustól eltekintve, amik később kerültek bevezetésre).

### Nóvasebesség és fénygörbetípusok

A klasszikus nóvák rendkívül változatos fénygörbéket képesek bemutatni. Kifényesedhetnek és elhalványodhatnak rendkívül gyorsan és teljesen váratlanul; a csillag tömegvesztése spontán módon következik be. A fénygörbén – a szupernóvákhöz hasonlóan – gyakran figyelhetők meg egyes radioaktív kémiai elemek elbomlása következtében fellépő fényességpúpok. A maximum után sokkal, de sokkal később a fénygörbe oszcillálhat. A lassabb nóvák hosszú ideig lehetnek lapos, elnyújtott maximumbeli fényességben: eközben azonban gyengén ingadozhat fényük, vagy egymást követő kis maximumok követik egymást. A kitörés későbbi fázisaiban a porképződés jeleit vehetjük észre.

Geraszimovics (1936), McLaughlin (1939, 1945), Bertaud (1951), Payne-Gaposchkin (1957) egyaránt megpróbálták a maximum utáni halványodás üteme alapján osztályozni a nóvákat. Az osztályozások alapja az, hogy a nóva hány nap alatt halványodik maximumához képest 2 vagy 3 magnitúdót. A sebességosztályozások nagyon különbözőek, az egyes kutatók eredményeit Duerbeck 2008-ban hasonlította össze és nem kevés eltérést talált. Voroncov-Veljaminov 1953-ban csak a fénygörbe alakjára alapozva, a halványodás ütemétől független osztályozási rendszert javasolt; hasonlóan Duerbeck (1981) dolgozott ki. Érdekesség, hogy a gyors fényességváltozást mutató nóvákhöz simább fénygörbe tartozik, a lassan fejlődő nóvák viszont nagyon változatos fénygörbealakokat produkálnak.

Hosszú ideig nem foglalkoztak a nóvák minimumbeli fényességváltozásaival: ennek oka az volt, hogy azt feltételezték sokáig, hogy egy halvány csillag kitör, majd egyszerűen visszatér eredeti fényességéhez. Az 1950-es évekig csak nagyon kevés amatőr csillagász figyelte rendszeresen az "exnóvákat".

## Nóvák, mint távolságindikátorok

Lundmark a nóvák távolságindikátorként való használata terén is úttörő volt – még extragalaktikus távolságok mérésére is felhasználta őket. Például 1925 és 1927 között 300 és 430 kiloparszek közötti távolságokat adott meg az Androméda-galaxisra (ami kb. 630 kpc-re van tőlünk), ami mai szemmel nézve sokkal közelebb áll a helyes értékhez, mint amit például 1925-ben Hubble adott meg cefeida-méréseiből az M31-re (285 kpc). McLaughlin (1942, 1945) a nóvák halványodási üteméből próbálta megbecsülni a nóvák távolságát: ez egy meglepően jó módszer. Az elkövetkező években újra- meg újrakalibrálták eljárását. Ennek ellenére ritkán használják ezt a módszert extragalaktikus távolságok mérésére. A kevés kivétel egyike van den Bergh 1988-ban közzétett vizsgálati eredménye az M31 és a Virgo-halmaz galaxisainak távolságarányáról, amelyhez nóvákat használt fel. Ő ebből a vizsgálatból a Hubble-állandóra  $72 \pm 14$  km/s/Mpc értéket kapott – meglepően jót mai szemmel nézve, sokkal jobbat, mint amit a kor többi módszerével elértek. De lehet, hogy ez csak véletlen egybeeséseknek volt köszönhető: egy, a HST-t használó 2003-as tanulmány szerint az egyes galaxisok nóvapopulációi között igenis rendkívül nagy eltérések mutatkoznak, és ezért extragalaktikus távolságindikátornak csak azután szabad majd használni őket, ha már megértettük, miért vannak ezek a különbségek a különböző galaxisokbeli nóvák között.

## Színképi osztályozás

Az eredeti Harvard-osztályozás nem foglalta magában a nóvákat; 1922-ben a Nemzetközi Csillagászati Unió a nóvák színképét Q-val jelölte, és Qa...Qz-ig alosztályokat vezetett be rájuk. Sokkal később, elsősorban McLaughlin eredményeinek tükrében ezt a némiképp egyszerűbb, Q0-tól Q9-ig terjedő alosztályokra változtatták meg.

Az 1990-es évektől kezdve lehetővé vált, hogy sokkal jobb minőségű, fluxuskalibrált spektrumok álljanak rendelkezésre a nóvák legkorábbi stádiumaitól az elhalványodás végéig. Ez alapján új osztályozási rendszer született: eszerint a nóvák két fő csoportja a vas (Fe II) és a hélium-neon (He/Ne) nóvák, természetesen megfelelő altípusokkal kiegészítve.

## A nóvák mint kettőscsillagok

Mindenki nagy meglepetésére 1954-ben Walker felfedezte, hogy a DQ Her helyén lévő halvány csillag fedési kettős. Két évvel később gyors, periodikus fénygörbeváltozásokat talált a DQ Her fénygörbéjében, amelyeket a mágneses fehér törpecsillag-komponens forgási periódusaként azonosítottak. Kraft (1964) szisztematikusan megvizsgált több exnóvát, nóvát és hozzájuk hasonló csillagot, és azt találta, hogy sok közülük fedési kettős. 1975-re általánosan elfogadott nézetté lett, hogy a nóvák, a nóvaszerű csillagok és a törpenóvák egyaránt szoros kettőscsillagok, amelyek felépítése nagyon hasonló egymáshoz. A következő évtizedekben a katakliztikus változócsillagok legkülönbözőbb típusait sikerült egy egységes képpel leírni: eszerint egy egy társcsillagról akkréciós diszken át anyag áramlik át a fehér törpecsillag komponensre. A részletek azonban alosztályról alosztályra kissé (vagy éppen nagyon is) különbözőek lehetnek. (Valószínűleg vannak hibernált rendszerek is, amelyekben átmenetileg leállt a tömegátadási folyamat.)

## Elméleti magyarázatok

Riccioli 1651-ben megjelent könyvében máris tizennégy különböző magyarázatot hoz fel a nóvajelenségre. Newton ötlete (1726) az volt, hogy egy csillag rengeteg üstököst gyűjt maga köré és azok a csillagra esnek: ekkor nóvát látunk. Ez az akkréciós elmélet egy korai változata!

A T Aur spektroszkópiai vizsgálataiból egyesek azt a következtetést vonták le, hogy a nójelenség két csillag ütközéséből származik, netán két meteoráramlat ütközik egymással, vagy egy csillag kerül kölcsönhatásba egy csillagközi felhővel, és a felhőből történő anyagbefogás miatt nő meg a csillag fényessége.

Azonban Pickering (1894) és Pike (1929) helyesen értelmezte a kitörés idején látott spektrumokat azzal, hogy anyag lövelődik ki a csillagról a világűrbe.

Maga a nójelenség mibenlétét az RR Pictoris részletes megfigyelései sokban segítették: a csillag fényessége azért nő meg, mert egy táguló gázhéj távozik el a csillagról, aminek felülete kezdetben nő, ezért a fényesség is nő; később azonban a gázhéj hőmérséklete csökken, ezért elkezd a nóva halványodni. De mi váltja ki, hogy egy ilyen gázhéj elinduljon a csillagról? Számos ötlet felvetése után az áttörést az hozta el, amikor kiderült, hogy a nójelenségek: kettőscsillagok. Az anyagátadás miatt anyag halmozódik fel a fehér törpe felszínén, amely nukleáris magfúzióban megszalad (Sparks 1969). *(Törpenójelenségben azonban nem ezt látjuk, hanem az akkréciós diszk hirtelen kitágulását.)*

### Nójelenség rádióban, infravörös és ultraibolya fényben

1970-ben az NRAO rádiótávcsöveivel megfigyelték a HR Del és az FH Ser nójelenségről ledobott, táguló gázhéjakat. Kiderült, hogy a nójelenség rádiótartományban sokkal később érik el maximumbeli fényességüket, mint a látható fényben, akár több száz nappal is később. Ennek oka, hogy a táguló gázhéj rádiótartományban ennyivel később válik a legfényesebbé a nóvarobbanás után: durván fogalmazva, a rádiófénygörbe jelentős időkéésésben van az optikaihoz képest.

Az FH Ser nójelenséget (1970) nemcsak optikai és rádiótartományban figyelték meg, de első ízben sikerült egy nóvarobbanást infravörösben és ultraibolya fényben is tanulmányozni. DQ Her-jellegű robbanás volt, ami porképződéssel jár – érdekesség, hogy bár a vizuális észlelőknek gyorsan elhalványodott, a teljes luminozítás hosszú időn keresztül állandó maradt: azaz a kibocsátott fény mennyisége sokáig állandó, csak éppen a sugárzás maximuma helyeződik át egyre hosszabb hullámhosszakra. Hasonlót figyeltek meg a V1668 Cyg nóva esetében 1978-ban is.

Az első nóva, amit röntgentartományban észleltek, a GQ Mus volt 1983-ban. Ezidáig még nem sikerült gammasugárzást detektálni nóváról.

(H. W. Duerbeck, AN 330, 568, 2009  
alapján a kivonatot írta: Cs. Sz.)