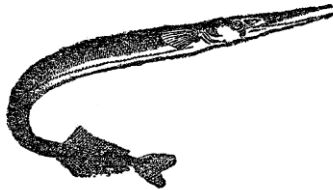


IRODALOM

- Detre László (1954): *A Magyar Tudományos Akadémia Csillagvizsgáló Intézetének működése az 1952. évben. Csillagászati évkönyv az 1954. évre.* Művelt Nép, Budapest
- Detre László (1955): *A Magyar Tudományos Akadémia Csillagvizsgáló Intézetének működése az 1953. évben. Csillagászati évkönyv az 1955. évre.* Művelt Nép, Budapest
- Detre László (1963): *A Magyar Tudományos Akadémia Csillagvizsgáló Intézetének működése* (1962. június 1.–1963. május 31.). *Csillagászati évkönyv 1964.* Gondolat, Budapest
- Kun M. – Szegedi-Elek E. – Moór A. et al. (2011): A Peculiar Young Eruptive Star in the Dark Cloud Lynds 1340. *The Astrophysical Journal Letters*. 733, 1, L8 • DOI: 10.1088/2041-8205/733/1/L8 • http://iopscience.iop.org/2041-8205/733/1/L8/pdf/2041-8205_733_1_L8.pdf

- Tsvetkov, Milcho – Balázs L. G. – Frontó A. – Kelemen J. – Holl A. – Starev, K. Y. – Tsvetkova, K. – Borisova, A. – Kalaglarsky, D. – Bogdanowski, R. (2005): Konkoly Wide-field Plate Archive. In: Dimitriević, Milan S. Golev, V. Popović, L. Č. Tsvetkov, M. (eds.): *Proceedings of the IV. Serbian-Bulgarian Astronomical Conference*, Belgrade, 21–24 April 2004. Publ. Astronomical Society "Rudjer Bošković". No 5., 295–301. • <http://servo.aob.rs/eeditions/CDS/Srpsko%20bugarska%20konferencija/4/pdfs/41.pdf>
- Tsvetkova, Katya – Balázs L. G. – Holl A. (2008): Digital Plate Archive for Supernova Search at Konkoly Observatory. *Baltic Astr.*, 17, 405–413.
- Tsvetkova, Katya – Tsvetkov, M. – Holl A. (2012): Digital Preservation and Web Access to the Konkoly Observatory Plate Archive. *Serdica Journal of Computing*. 6, 47–58. • <http://sci-gems.math.bas.bg/jspui/bitstream/10525/1779/1/sjc-vol6-num1-2012-p47-p58.pdf>
URL: <http://www.skyarchive.org>



REJTÉLYES CSILLAGROBBANÁSOK

Vinkó József

a fizikai tudomány kandidátusa, egyetemi docens,
Szegedi Tudományegyetem Optikai és Kvantumelektronikai Tanszék
vinko@physx.u-szeged.hu

Bevezetés

Azt a gondolatot, hogy a nagy tömegű csillagok életük végén egy hatalmas robbanásban megsemmisülnek, elsőként *Walter Baade* és *Fritz Zwicky* (1934) vetette fel az 1930-as évek elején. Ők részletesen az S Andromedae nevű objektumot tanulmányozták, amely 1885-ben az Andromeda-köd központi vidékén fénylett fel, majd lassan halványodva néhány hónap elteltével eltűnt a megfigyelők elől. Az ilyen váratlanul felbukkanó, majd lassan eltűnő objektumokat már több száz éve ismerték a csillagászok, és Tycho Brahe híres 1572-es *Nova Stellá*-jának mintájára *nóváknak* nevezték el. A Tycho-féle Nova Stella különösen fényes nóvának számított, és ehhez hasonlóan rendkívüli objektumnak bizonyult az S Andromedae is. Baade és Zwicky munkájukban *Edwin Hubble* (1929) egyik legfontosabb eredményét, az Andromeda-köd (akkoriban újak számító) távolságát használták annak kimutatására, hogy az S Andromedae legnagyobb fényessége idején -14 magnitúdónál fényesebb volt. Ez legalább 6 magnitúdóval felülmúlja a Tejútrendszerben megfigyelhető „közönséges” nóvák fényességmaximumát. Jelenlegi tudásunk szerint az Andromeda-köd távolsága 2,6 millió fényév, ebből az S Andromedae maximális fényessége kb. -18,5 magnitúdónak adódik, tehát

valójában még fényesebb volt, mint azt 1934-ben gondolták. Ezeket a nagyon fényes „új” csillagokat nevezte el Baade és Zwicky *szuper-nóváknak*.

Az azóta eltelt nyolcvan év alatt a szuper-nóvák – túlzás nélkül állíthatjuk – az asztrofizika legfontosabb objektumai közé kerültek. Kiderült, hogy kulcsfontosságú szerepük van többek között a csillagkeletkezés beindításában, a csillagkeletkezéshez szükséges interstelláris por létrehozásában, a csillagok kémiai összetételének kialakításában. Tanulmányozásuk által bepillantathatunk a nagy tömegű csillagok fejlődésének fontos állomásaiba, illetve olyan extrém fizikai folyamatokba, amelyeket földi körülmények között (szerencsére) nem tudunk megfigyelni. Mindezen asztrofizikai érdekességek mellett a szuper-nóvák kiemelkedően fontos szerepet töltenek be az extragalaktikus távolságmérésben. Nagy abszolút fényességük miatt rendkívül távoli extragalaxisokban is megfigyelhetőek, és az Ia típusú szuper-nóvák fényváltozásának méréséből fotometriai úton megállapítható a távolságuk. Ezen a módszeren alapult a Világegyetem gyorsuló tágulásának felfedezése (Riess et al., 1998; Perlmutter et al. 1999), amit 2011-ben fizikai Nobel-díjjal jutalmaztak (a díjazottak Saul Perlmutter, a rivális kutatócsoportból pedig Adam G. Riess és Brian P. Schmidt csillagászok voltak).

Az alábbiakban röviden áttekintjük a szupernóvák jelenleg ismert típusait, külön kiemelve azokat az újdonságokat, amelyekre az utóbbi néhány évben derült fény.

A szupernóvák típusai színképük alapján

Már röviddel a szupernóvák létének felismerése után, az első színképek elkészítésekor kiderült, hogy ezek nagyban különböznek más égi objektumok spektrumától. Ezenkívül az egyes szupernóvák eltérő színképeket mutathatnak.

A szupernóvák spektrumának általános jellemzője a kék kontinuum (ami a Napnál magasabb effektív hőmérsékletre utal), valamint a nagyon erős Doppler-kiszéledést mutató színkép vonalak. Ez utóbbiak jellegzetes profilúak: a széles emissziós komponensre egy rövidebb hullámhosszak felé eltolódott abszorpciós komponens rakódik (ez az ún. P Cygni profil). Az ilyen vonalprofil a nagy sebességgel táguló, ledobódott gázburokban jön létre. A vonalak kiszéledéséből megállapítható, hogy a tágulási sebesség általában 5000–10 000 km/s körüli. Ez igen nagy sebesség, ezért a robbanás után egy-két nappal a maradvány akkora méretű lesz, hogy a gravitáció lassító hatása elhanyagolhatóvá válik. Ezért a szupernóvák ledobott anyaga időben állandó sebességgel tágul. Azonban a tágulás nem homogén, hanem a belső részek lassabban, a külsők gyorsabban mozognak: egy adott réteg sebessége a középponttól mért távolsággal arányos (homológ tágulás).

A fényességmaximum előtt és nem sokkal utána a ledobódott burok még viszonylag sűrű, kevésbé átlátszó a fotonok számára, a normál csillagok állapotához hasonlóan. Ezért ezt a szakaszt fotoszferikus fázisnak nevezzük. Később, amikor a maradvány már annyira szétterjed, hogy átlátszóvá válik, a színkép

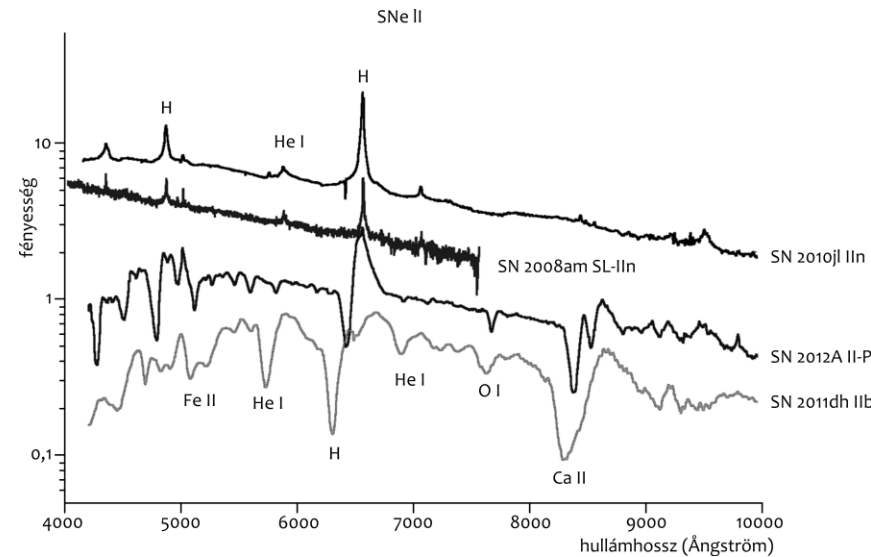
átalakul, és egy kozmikus gázfelhő (például planetáris köd) spektrumára emlékeztet. Ez a nebuláris fázis. A szupernóvák típusba sorolása leginkább a fotoszferikus fázisban készült spektrumokból lehetséges, ezért az alábbiakban ezekre mutatunk példákat.

II-es típusú szupernóvák

Azokat a szupernóvákat, amelyek színképében erős hidrogénvonalak figyelhetők meg, történeti okokból II-es típusú szupernóvának nevezzük. Az 1. ábrán¹ azonban jól látható, hogy a vonalak megjelenése nem egységes. Az esetek többségében a spektrum az ábra közepén látható SN 2012A színképéhez hasonló, jellegzetes P Cygni vonalprofilokat mutat. A hidrogén mellett a semleges hélium (He I) vonalai is megjelennek, később a semleges oxigén (O I) és az ionizált kalcium (Ca II) és vas (Fe II) vonalai is megerősödnek. Az ilyen szupernóvák fénygörbéje is jellegzetes: a maximum után egy kb. három hónapig tartó konstans fényességű szakasz, plató figyelhető meg, ezért ezt az altípust II-P-nek (*P=plateau*) nevezik. A fénygörbe platóját a vastag hidrogénben gazdag burokban végbemenő hidrogén-rekombináció sugárzása alakítja ki. Statisztikai vizsgálatok alapján a szupernóvaprobbanások többsége (kb. 60%-a) II-es típusú, ezen belül a II-P altípus részaránya kb. 70% (Smartt, 2009; Li et al., 2011b). További 10%-ot képviselnek a II-L altípusba tartozó szupernóvák (L=linear), amelyek spektruma a II-P típusúakéra emlékeztet, de a fénygömbben valamiért hiányzik a platófázis.

Az esetek kb. 10%-ában azonban a színkép az 1. ábra tetején lévő spektrumokra emlékeztet. Ezekben hiányoznak, vagy nagyon gyen-

¹ A tanulmányban szereplő összes színkép a texasi McDonald Observatórium 9,2 m átmérőjű Hobby-Eberly Teleszkópjának LRS spektrográfiával készült.



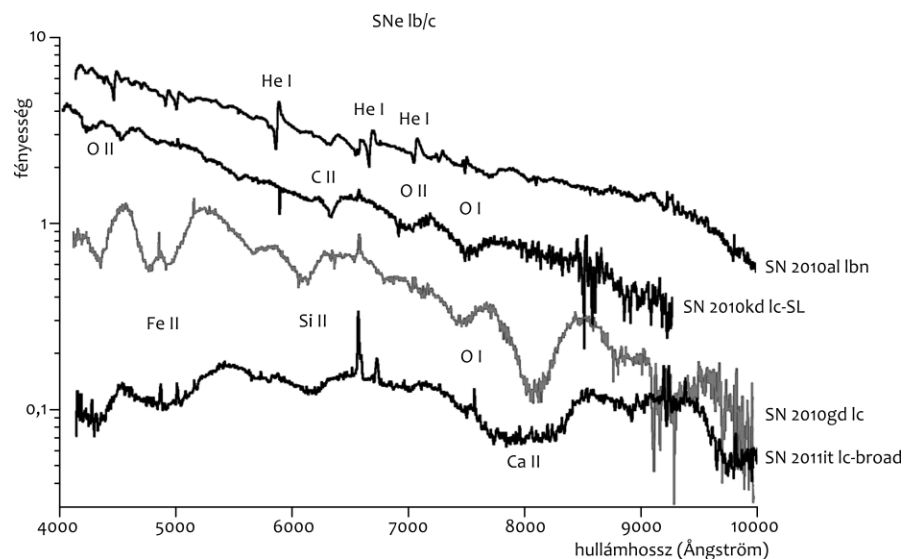
1. ábra • A II-es típusú szupernóvák színképei

gék a P Cygni vonalprofilok, és helyettük a hidrogén és hélium keskenyebb, tisztán emissziós vonalai jelennek meg. Ezt az altípust IIn-nek nevezik (*n=narrow, keskeny*). Ezek a vonalak akkor keletkeznek, amikor a szupernóva keltette lökéshullám beleütközik a robbanást körülvevő sűrű csillagkörülí (circumstelláris) anyagba, azt összenyomja, felfűti és ionizálja. Az ionizációt követő lassú rekombináció hozza létre a jellegzetes, ún. Lorentz-profilú emissziós vonalakat.

Érdekes esetet jelent a IIb altípus (az 1. ábra alsó színképe), amely a II-es típuson belül szintén kb. 10%-ban fordul elő. Ezeknél a színkép kezdetben egy II-P-hez hasonló széles P Cygni profilú hidrogénvonalakat tartalmaz, amelyek azonban a maximum után gyorsan gyengülnek, ezzel párhuzamosan a hélium vonalai megerősödnek. Az elképzelés szerint itt a ledobódott H-burok vékonyabb lehet, ez gyorsan szétterjed, és láthatóvá válik az alatta lévő He-ban gazdag korábbi csillaganyag (Vinkó et al., 2012a).

A II-es típusú szupernóvák létrejöttének oka többé-kevésbé világos: egy legalább nyolc naptömegű csillag (teljesen vasból álló) magja gravitációs összeomlással neutroncsillagot hoz létre. Az erre rázuhanó külső csillagburok a kemény neutrongömből visszapattan, felmelegszik, és fúziós robbanástól kísérvé kидobódik. A magyarázatot alátámasztja, hogy a neutroncsillag kialakulásakor kiszabaduló neutrínókat a közeli (160 000 fényévre levő Nagy Magellán-felhőben felfénylett) SN 1987A esetében sikerült közvetlenül is detektálni. Az ilyen fajta robbanásokat az összeomló csillagmag miatt kollapszus-szupernóvának (core collapse) is nevezik.

Az utóbbi évtizedben derült fény a fenti „klasszikus” szupernóváktól eltérő, ún. szuperfényes szupernóvák (SLSN – Super-Luminous Supernova) létezésére. Ezek egy része a II-n típushoz nagyban hasonló spektrumot mutat, azonban a fénygörbe maximuma jóval fényesebb, mint a legtöbb szupernóváé, meghaladja a -21 magnitúdót. Az 1. ábrán



2. ábra • Ib/c típusú szupernóvák színeképei

ezek egyikének (SN 2008am) spektruma látható.

Ib/c típusú szupernóvák

A színeképünkben hidrogénvonalakat nem tartalmazó szupernóvákat I-es típusúnak nevezzük. Ezen belül azonban többféle altípus van, amelyek fizikailag is különböző eseteket jelentenek. Ib típusba soroljuk azokat, amelyekben a maximum környékén erős héliumvonalak figyelhetők meg (2. ábra). Itt is előfordulhat, hogy a szélesebb He-vonalakra keskeny emissziós csúcsok rakódnak (Ibn típus, 2. ábra legfelső spektruma). Ez arra az érdekes és ritka esetre utal, hogy a szupernóvát héliumban gazdag, hidrogénben szegény cirkumsztelláris anyag veszi körül, ami igen nagy tömegű csillagok esetén fordul elő.

Ic típusúnak nevezzük azokat a szupernóvákat, amelyek színeképében sem a hidrogén, sem a hélium vonalai nem láthatók, gyengék az ionizált szilícium (Si II) vonalai, viszont erősek a semleges oxigén (O I) és

ionizált kalcium (Ca II) vonalai (a 2. ábra alsó két spektruma). Ez egy eléggé heterogén kategória, mivel főként bizonyos vonalak hiányára alapul, ezért az ide tartozó objektumok színeképei is meglehetősen változatosak. A 2. ábra alján például egy olyan szupernóva spektruma látszik, amely formálisan Ic típusú, azonban a vonalai extrém erős (30–50 ezer km/s) Doppler-kiszéledést mutatnak. A modellek szerint ekkor egy erősen aszimmetrikus, gázkilövellés indukálta robbanási felhő jön létre (*hipernóva*), ez eredményezi a látszólag hatalmas kiáramlási sebességet (ilyen nagy sebességű gömbszimmetrikus kidobódás nagyon nehezen lenne magyarázható). A modellt az is alátámasztja, hogy ilyen esetekben néha gamma-kitörés is megfigyelhető a szupernóva helyén, amelynek optikai utófénylése átalakul egy ilyen szupernóva spektrumává (Galama et al. 1998).

Az Ib és Ic típusú robbanások létrejöttének oka nem minden részletében tisztázott, de nagyon valószínű, hogy hasonlóan a II-es

típusúakhoz ezek is kollapszus-szupernóvák, ezért gyakran összefoglaló néven Ib/c-típusként emlegetik őket. A kérdés inkább csak az, hogy ezek az objektumok a robbanás előtt miként szabadultak meg a vastag hidrogénburoktól. Erre két lehetséges magyarázat is kínálkozik: a robbanás előtti intenzív csillagszél (mint az például a Wolf-Rayet típusú csillagoknál megfigyelhető), vagy egy társcsillag hatására történő anyagátadás, tömegvesztés. Elképzelhető, hogy mindkét mechanizmus előfordul a megfigyelt esetekben. Ha mindez igaz, akkor Ib típusú robbanás olyankor keletkezik, amikor a robbanás előtt a H-burok eltávozott, de az alatta lévő He-ban gazdag burok még megmaradt. Ic-szupernóvát pedig akkor figyelhetünk meg, amikor a csillag már a robbanás előtt megszabadult mind a H-, mind a He-rétegtől.

Érdekes, hogy a szuperfényes szupernóvák hidrogénben szegény objektumokból is kialakulhatnak. Erre mutat példát a 2. ábra, ahol az SN 2010kd színeképe is látható (felülről a második). Ezek a szupernóvák formálisan Ic típusúak (nincs H, He és Si II), viszont spektrumuk különbözik a többi Ic-től. A fényességmaximum előtt csak a szén, nitrogén és oxigén gyenge, kiszéledett P Cygni-profilú vonalait mutatják. A fénygörbe menete is gyakran sokkal lassabb, mint a „normál” Ic szupernóváké. Maximális fényességük eléri, sőt gyakran meghaladja a -21 magnitúdót. A fényességmaximum után kb. fél évvel kezdenek megerősödni a nehezebb fémek, főleg az ionizált vas (Fe II) vonalai.

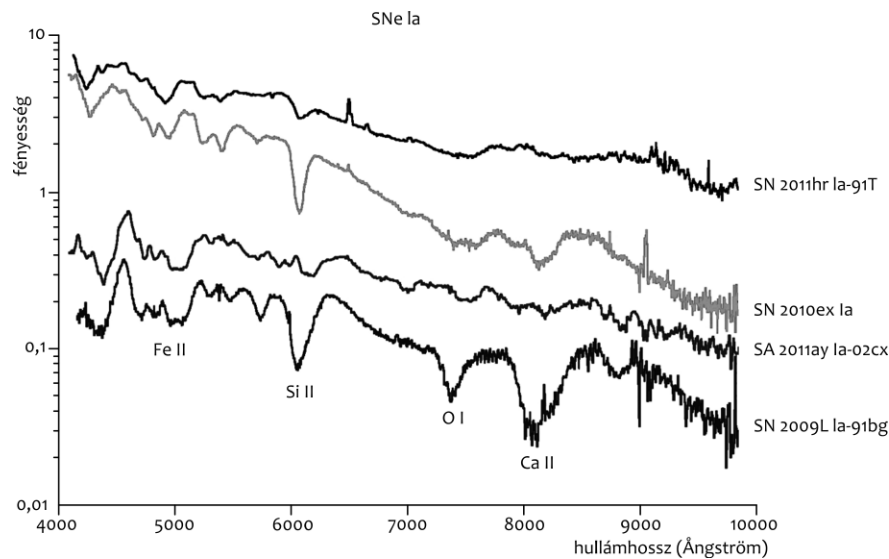
A szuperfényes szupernóvák jelenleg minden tekintetben rejtélyes objektumok. Sem a robbanó objektum kiléte, sem a robbanás mechanizmusa, sem az extrém nagy csúcsfényesség energiaforrása nem ismert. Többféle ötlet is felvetődött már, például az ún. pár-

instabilitás-mechanizmus: egy nagyon magas hőmérsékletű csillagmagban a fotonok elektron–pozitron párokat kelthetnek, ami a fotonnyomás drasztikus csökkenését okozza, ezért a csillagmag stabilitását veszti, és összeomlik. A fő probléma ezzel a modellel az, hogy a pár-instabilitás beindulása száz nap-tömegnél nagyobb csillagtömeget igényelne, s ilyen nagy tömegű csillagok létezése kérdéses. Habár már megjelent olyan közlemény, amely szerint a megfigyelések alátámasztják ennek a mechanizmusnak a létezését (Gal-Yam et al., 2009), további adatokkal, vizsgálatokkal ezt eddig nem sikerült megerősíteni.

Ia típusú szupernóvák

A sem hidrogént, sem héliumot, de ionizált szilícium erős vonalait mutató szupernóvákat nevezzük Ia típusúaknak. Ezek teszik ki a lokális Univerzumban előforduló szupernóvák kb. egynegyedét. Itt is többféle alcsoportot lehet elkülöníteni (3. ábra). Az esetek kb. 70%-át alkotják a „normál” Ia szupernóvák (például az SN 2010ex a 3. ábrán), amelyek színeképe nagyon jellegzetes, a maximum környékén nagyfokú homogenitást mutat. Emiatt nagyon sokáig úgy vélték, hogy az ilyen „normál” Ia szupernóvák teljesen ugyanolyanok, a fénygörbéjük is homogén, ezért ún. standard gyertyaként használhatók kozmikus távolságmérésre.

A megfigyelési minta bővülésével azonban bebizonyosodott, hogy itt is vannak ezektől eltérő, különleges objektumok. Az ún. SN 1991T altípusra jellemző, hogy a maximum körüli spektrumban nagyon gyenge az ionizált szilícium (3. ábra, legfelső színekép), helyette néha a kétszeresen ionizált vas (Fe III) vonalai figyelhetők meg. Ezek maximumban kb. fél magnitúdóval fényesebbek, mint a „normál” Ia szupernóvák. Az SN 1991bg altí-



3. ábra • Ia típusú szupernóvák színeképei

pusban (3. ábra, legalsó spektrum) ezzel szemben a Si II vonalak sokkal erősebbek, csakúgy, mint az O I és a Ca II vonalai. Az ebbe az altípusba tartozó szupernóvák maximális fényessége egy-másfél magnitúdóval alatta marad a „normál” Ia-társaik fényességének. Néhány éve mutatták ki az SN 2002cx altípus létezését (3. ábra, alulról második spektrum), amelynek spektruma a maximum környékén szinte nem is emlékeztet az Ia-színeképekre, a nebuláris fázisban viszont ugyanolyan a spektrumuk, mint a többi Ia szupernóváé.

Az Ia-szupernóvák népszerűsége főként annak az empirikus felismerésnek köszönhető, hogy fényváltozásuk alakja korrelál a maximális abszolút fényességükkel. A „normál” Ia-szupernóváknál fényesebbek, maximumban kicsit kékebbek és lassabban halványodnak. Ezzel szemben a halványabbak vörösebbek és fényváltozási ütemük gyorsabb. Ebből az empirikus relációból fejlődött ki az Ia-szupernóvákra épülő távolságmérési módszerek családja, amelyet több kutatócsoport

is sikerrel alkalmazott az Univerzum gyorsuló tágulásának kimutatására (lásd például: Riess et al., 1998; Perlmutter et al., 1999).

Az Ia típusú szupernóvákat tanulmányozták leginkább, azonban fizikai természetük közel sem ismert annyira, mint a kollapszus-szupernóváké. A jelenleg legelfogadottabb elképzelés szerint ezek egy szénből és oxigénből álló fehér törpecsillag termonukleáris robbanásakor jönnek létre. A fehér törpe akkor képes ilyen robbanásra, ha tömege túllépi a Chandrasekhar-féle határtömeget (kb. 1,4 naptömeg). Ekkor a nyomás és a hőmérséklet olyan nagyra válik, hogy a szén és az oxigén fuzionálni kezd. Mivel a fehér törpe anyaga különleges, ún. elfajult állapotban van, az anyagban a nyomás nem függ a hőmérséklettől, a beinduló fúzió energiája újabb fúziót képes generálni, ami a fehér törpe teljes megsemmisüléséhez vezet. Az, hogy a fehér törpe hogyan képes túllépni a Chandrasekhar-tömeget, egyelőre vitatott. Az egyik elképzelés szerint egy kettős rendszerben egy normál

tárcscsillag anyagot adhat át a fehér törpének, ami így kellően nagy tömegűvé válhat. Az alternatív elképzelés szerint a tárcscsillag maga is fehér törpe, és a két kompakt csillag egymásba spirálozása eredményeként alakul ki a robbanás. A jelenlegi megfigyelések egyik modellt sem tudják maradéktalanul igazolni vagy cáfolni. A legnagyobb probléma az, hogy még sosem sikerült egy olyan fehér törpét közvetlenül megfigyelni, amiből aztán Ia-szupernóva lett.

A 2011-es év nagy szupernóvaszenzációja volt az SN 2011fe felfedezése a 21 millió fényévre levő Messier 101 (M101) jelű extragalaxisban (Nugent et al., 2011). Ennek jelentőségét az adta, hogy egyrészt egy közelinek számító, jól ismert extragalaxisban bukkant fel, másrészt órákkal a robbanást követően sikerült felfedezni, ami rendkívül ritka, szerencsés esetnek számít. Így a nagyon korai állapotok tanulmányozása is lehetővé vált. A legkorábbi mérésekből és a robbanás előtti galaxisfelvételek elemzéséből közvetett úton sikerült kimutatni, hogy a robbanó objektum nem lehetett normál csillag, csakis fehér törpe (Bloom et al., 2012). A tárcscsillagról viszont nem sikerült ilyen egyértelmű utalást szerezni, csupán annyit, hogy nem lehetett vörös óriás vagy nagyobb méretű fősorozati csillag (Li et al., 2011a). A robbanás kiváltó oka tehát továbbra is homályban maradt.

A gazdagalaxis jól ismert távolsága páratlan lehetőséget kínált a távolságmérési módszerek tesztelésére is. Ezt a munkát elsőként egy magyar kutatócsoport végezte el, jelen sorok írójának vezetésével, a pszikéstudomány

bajai csillagvizsgálókból végzett fotometriai mérésekre alapozva (Vinkó et al., 2012b). Az eredmények azonban kissé csalódást keltőek voltak. Kiderült, hogy a kétféle, általánosan használt, de különböző kalibrációkra alapuló fénygörbeillesztő módszer kissé eltérő távolságot ad az M101-re, az Ia-szupernóvának ugyanarra a nagy pontosságú fotometriai adatsorára alkalmazva azokat. Ez egyértelműen a különböző kalibrációk közti szisztematikus hibára utal, amelynek forrása jelenleg ismeretlen. Emiatt még az ilyen közeli galaxisok, mint az M101 abszolút távolsága is csak kb. $\pm 1,5$ millió fényév hibahatárral terhelt ismert. Az Univerzum gyorsuló tágulásának kimutatása ettől nem került veszélybe, mivel a relatív távolságok ennél sokkal pontosabban meghatározhatóak, pusztán az abszolút távolságskála (és ehhez kapcsolódóan például a Hubble-állandó értéke vagy az Univerzum valódi életkora) pontosítása várat még magára. Abban a szupernóva-kutatók nagy többsége egyetért, hogy a további előrelépéshez feltétlenül szükséges az Ia típusú szupernóvák fizikájának alaposabb megismerése, a robbanó objektum állapotának és a robbanás mechanizmusának feltárása. Ezek a törekvések még jó ideig rengeteg munkát adnak az ezen a szakterületen dolgozó kutatóknak. Így az eddigiekhez hasonlóan a jövőben is számos érdekes és izgalmas új felfedezés és eredmény várható a szupernóvák csodálatos világából.

Kulcsszavak: szupernóva, kozmikus távolságskála, csillagszerkezet, csillagfejlődés, kozmikus elemgyakoriság, csillagászati spektroszkópia

IRODALOM

- Baade, Walter – Zwicky, Fritz (1934): Remarks on Super-Novae and Cosmic Rays. *Physical Review*. 46, 76.
- Bloom, Joshua – Kasen, D. – Shen, K. J. et al. (2012): A Compact Degenerate Primary-star Progenitor of SN 2011fe. *The Astrophysical Journal Letters*. 744, L17, DOI:10.1088/2041-8205/744/2/L17
- Galama, Titus J. – Vreeswijk, P.M. – Paradijs, J. van et al. (1998): An Unusual Supernova in the Error Box of the γ -ray Burst of 25 April 1998. *Nature*. 395, 670–672. DOI:10.1038/27150 • <http://www.nature.com/nature/journal/v395/n6703/full/395670a0.html>
- Gal-Yam, Avishay R. – Quimby, M. – Ofek, E. O. et al. (2009): Supernova 2007bi as a Pair-instability Explosion. *Nature*. 462, 624 • <http://arxiv.org/pdf/1001.1156v1.pdf>
- Hubble, Edwin P. (1929): A spiral nebula as a stellar system, Messier 31. *The Astrophysical Journal*. 69, 103–158. DOI: 10.1086/143167
- Li, Weidong – Bloom, J. S. – Podsiadlowski, Philipp et al. (2011a): Exclusion of a Luminous Red Giant as a Companion Star to the Progenitor of Supernova SN 2011fe. *Nature*. 480, 348 • DOI: 10.1038/nature10646. • <http://www.nature.com/nature/journal/v480/n7377/full/nature10646.html>
- Li, Weidong – Leaman, J. – Chornock, R. et al. (2011b): Nearby Supernova Rates from the Lick Observatory Supernova Search – II. The Observed Luminosity Functions and Fractions of Supernovae in a Complete Sample. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*. 412, 1441. • DOI: 10.1111/j.1365-2966.2011.18160.x • <http://arxiv.org/pdf/1006.4612v2.pdf>
- Nugent, P.E. – Sullivan, M. – Cenko, B. S. et al. (2011): Supernova SN 2011fe from an Exploding Carbon-oxygen White Dwarf Star. *Nature*. 480, 344–347. • DOI:10.1038/nature10644 • http://www.nature.com/nature/journal/v480/n7377/full/nature10644.html%3FWT.ec_id%3DNATURE-20111215
- Perlmutter, Saul – Aldering, G. – Goldhaber, G. et al. (1999): Measurements of Omega and Lambda from 42 High-Redshift Supernovae. *The Astrophysical Journal*. 517, 565–586. • DOI: 10.1086/307221 • http://iopscience.iop.org/0004-637X/517/2/565/pdf/0004-637X_517_2_565.pdf
- Riess, Adam G. – Filippenko, A. V. – Challis, Peter et al. (1998): Observational Evidence from Supernovae for an Accelerating Universe and a Cosmological Constant. *The Astrophysical Journal*. 116, 1009–1038. • DOI: 10.1086/300499 • <http://arxiv.org/pdf/astro-ph/9805201v1.pdf>
- Smartt, Stephen J. (2009): Progenitors of Core-Collapse Supernovae. *Annual Review of Astronomy and Astrophysics*. 47, 63–106. • <http://arxiv.org/pdf/0908.0700v2.pdf>
- Smith, Nathan – Li, W. – Foley, R. J. et al. (2007): SN 2006gy: Discovery of the Most Luminous Supernova Ever Recorded, Powered by the Death of an Extremely Massive Star like η Carinae. *The Astrophysical Journal*. 666, 1116–1128. • DOI: 10.1086/519949 • http://iopscience.iop.org/0004-637X/666/2/1116/pdf/0004-637X_666_2_1116.pdf
- Vinkó József – Takáts K. – Szalai T. et al. (2012a): Improved Distance Determination to M51 from Supernovae 2011dh and 2005cs. *Astronomy & Astrophysics*. 540, A93. • DOI: 10.1051/0004-6361/20118364 • <http://arxiv.org/pdf/1111.0596.pdf>
- Vinkó József – Sárneczky K. – Takáts K. (2012b): Testing Supernovae Ia Distance Measurement Methods with SN 2011fe. *Astronomy & Astrophysics*. 546, A12 • DOI: 10.1051/0004-6361/201220043



A KÁRPÁT-MEDENCE ÉGHAJLATVÁLTOZÁSÁNAK KIHATÁSA ÉLELMISZER-BIZTONSÁGUNKRA

Farkas József

az MTA rendes tagja,
Budapesti Corvinus Egyetem
Élelmiszertudományi Kar
Hűtő- és Állatiermék Technológiai Tanszék
jfarkasdr@t-online.hu

Beczner Judit

tudományos tanácsadó,
Központi Környezet- és
Élelmiszertudományi Kutatóintézet
beczner@cfri.hu

Szeitzné Szabó Mária

igazgató,
Nemzeti Élelmiszerlánc-biztonsági Hivatal
Élelmiszerbiztonsági Kockázateértékelési Igazgatóság

Kovács Melinda

egyetemi tanár,
Kaposvári Egyetem
Állattudományi Kar, Kaposvár

Varga János

egyetemi docens,
Szegedi Tudományegyetem
Mikrobiológiai Tanszék, Szeged

Varga László

egyetemi tanár, intézetigazgató,
Nyugat-magyarországi Egyetem Mezőgazdaság-
és Élelmiszertudományi Kar
Élelmiszertudományi Intézet, Mosonmagyaróvár

Globális klímaváltozás

Az élelmiszer-ellátás alapjául szolgáló mezőgazdaság és az élelmiszerek fogyasztásra való ártalmatlansága, az élelmiszer-biztonság nagyon sokirányú kapcsolatban van az emberi társadalom minden más meghatározó tevékenységi területével és a környezettel. A környezetnek pedig kimagasló jelentőségű alkotóeleme az éghajlat. A XX. században összegyűlt elemzések és megfigyelések alapján mértékadó szakmai-tudományos testületek: az ENSZ Kormányközi Éghajlat-változási Szakértő Bizottsága (Intergovernmental Panel on Climate Change – IPCC) és a Meteoro-

rológiai Világszervezet (WMO) megállapításai és következtetései (IPCC, 2007) szerint globális melegedés megy végbe, ami összefüggésben lehet/van az „ipari forradalom” kezdete óta fokozatosan, de egyre inkább érvényesülő antropogén tényezőkkel. A globális melegedés rövid távon a népesség számára közvetlenül nem feltétlenül érzékelhető, de az azzal feltehetően összefüggésben lévő extrém időjárási jelenségek és környezetváltozási folyamatok (aszályok vagy éppen extrém mértékű csapadékképződés, belvizek, áradások és szokatlan méretű és időtartamú „hőhullámok” stb.) gyakoriságának növekedése már mindennapjaink részei. Ezen válto-