

Szakmai bíráló Vinkó József
„Szupernóva-robbanások asztrofizikája”
című MTA doktori értekezéséről

1. A dolgozat téma időszerűsége

A szupernóvák vizsgálata és csoportosítása az asztrofizika szinte minden területén fontos. A csillagfejlődés végfázisaként egyaránt kötődik a csillagfejlődési modellekhez, a nukleoszintézishez és az elemgyakorisághoz, a neutroncsillagok és fekete lyukak evolúciójához, gamma-kitörésekhez és röntgen felvillanásokhoz, a részecskefizikához (pl. 1987A neutrínó detektálása), valamint az Ia szupernóvák szabvány gyertya-szerű viselkedésén át a kozmológiához és a sötét anyaghoz. A dolgozat témája tehát nagyon időszerű, aktív, érdekes és fontos terület, többszörösen is kapcsolódik a mai kutatások központi kérdéseihez.

2. A dolgozat felépítése

Az értekezés 10 fejezetből áll.

Az általános bevezető első fejezet után a második fejezet röviden áttekinti a szupernóva-észlelések történetét, külön kiemelve a hazai megfigyeléseket. A szerző itt ismerteti a szupernóvák tulajdonságait is, beleértve kapcsolatukat a csillagkeletkezéssel. A harmadik fejezetben mutatja be a szupernóvák megértéséhez szükséges elméleti alapokat, itt ismerteti a kollapszár és a termionukleáris modelleket. A negyedik fejezetben a különleges szupernóvák tulajdonságait tárgyalja.

Az ötödik fejezetben ismerteti a felhasznált módszereket, a fotometriai, spektroszkópiai mérések kiértékelésének módját, valamint a fényváltozás és a spektrum modellezéséhez használt eszközöket. A hatodik fejezet tárgyalja a távolságmérésekhez használt módszereket.

Az eredmények ismertetésére a 7.-9. fejezetekben kerül sor, a kollapszár szupernóvák, az Ia és az különleges szupernóvák szerint csoportosítva. Az értekezés egy rövid kitekintés zárja.

3. Az alkalmazott módszerek korszerűsége

A dolgozatban bemutatott tudományos eredmények magas színvonalú vizsgálatok eredménye, amelyek korszerű eljárásokat ill. földi valamint űreszközöket használ. A szerző megfelelő eszközökkel építi fel modelleit, avatottan értékeli ki a megfigyeléseket. Az eljárások részleteivel kapcsolatos kérdéseim az 5. részben találhatóak.

4. Az értekezésben közzétett új tudományos eredmények

A mellékelt téziszfüzet az eredményeket 4 fő pontban összegzi, amelyek alpontokra bomlanak. Az eredmények a következők:

1. Továbbfejlesztette a Táguló Fotoszféra Modellt, és számos szupernóva megfigyelésre alkalmazta, csökkentve a az extragalaktikus távolságmérés hibáját.
2. Részletesen megvizsgálta a 2002 előtti távolságmérések, ill. a MLCS2k2 vs. SALT2 módszerek adta távolságmérések közötti szisztematikus hibákat.

3. Több kollapszár szupernóva esetén részletesen tanulmányozta azok kémiai összetételét és a fűtési mechanizmust.
4. Az SN 2004dj és az SN 2011dh esetén megvizsgálta azok szülőobjektumait. Az SN 2004dj esetén a pozíciójában azonosított egy csillaghalmazt, amely egy fiatal (10-16 Mév) és egy idősebb (30-60 Mév) populációt tartalmaz. Az SN 2011dh szülőobjektumaként egy sárga szuperóriás csillagot azonosított.
5. Meghatározta az SN 2009ig Ia szupernóva kémiai összetételét a maximum előtt, és azonosított a fotoszférikus komponens mellett egy nagysebességű komponenst is (hasonlót korábban még nem láttak). Az SN 2013bn szupernóva kémiai összetételét modellezte, vizsgálva a folyamat fizikai természetét.
6. Részletesen elemezte az SN 2012cg fénygörbáját, és a kék többlétsugárzás alapján kimutatta, hogy a társcsillag mintegy $2-6 M_{\odot}$ tömegű volt.
7. Vizsgálta az SN 2011ay spektrumának fejlődését, és FeII vonalakat detektált a maximum előtt. Az illesztések alapján az Iax típusú szupernóvák korábban feltételezett tulajdonságait felül kell vizsgálni.
8. Modellezve a szuperfényes szupernóvák energiatermelését és fénykibocsátását megállapította, hogy korábban feltételezett a radioaktív bomlási modell nem, de a magnetár modell alkalmas a megfigyelések leírására.
9. Elemezte a Dugie optikai tranziens spektrális fejlődését, és kimutatta, hogy az pusztán kék kontinuumból áll. Kimutatta továbbá, hogy ez a modellek közül ez az árapálykatasztrófa eredetet favorizálja.

A tézispontok mindegyikét elfogadom önálló eredményként. A tézisek és a dolgozat alapjául szolgáló 20 publikáció egy kivételével rangos, magas impaktfaktorú újságban jelent meg, ami egyben mutatja az eredmények nemzetközi elfogadottságát is.

5. Kérdések

1. Milyen kapcsolat van a 4. fejezetben ismertetett pekuliáris szupernóva típusok és a röntgen ill. gamma megfigyelések kapcsán észlelt/feltételezett kilonóva ill. Thorne-Żytkow csillagok között?
2. Az 5.3 fejezetben ismerteteti a felhasznált fényváltozási modelleket. Hogyan módosítja a magnetár modellt, ha a születő neutroncsillag mágneses tere a dipóltól eltérően erősen irreguláris, ill. ha az egyes multipól komponensek erős gravitációs térben történő torzulását is figyelembe vesszük? Mennyire befolyásolja a szupernóva energiaskáláját az így bekerülő energia? Milyen radiális sűrűségeloszlást feltételeztek a kiterjesztett Arnett-Fu modellben, mennyire érzékenyek az eredmények az eloszlásra?
3. Az 5.1.1 fejezetben ismerteti a fotometriai eljárás lépéseit. Hogyan oszlik szét a szisztematikus hiba (0.1 mag) az eljárás egyes lépesei között (pl. kalibráció, transzformáció, SDSS referenciák hibája)? Van-e szisztematikus, a távolságtól függő komponense a hibának nagy vöröseltolódások esetén?

4. Az 5.7 ábra összehasonlítja 11 Ia szupernóvára a Gauss-illesztés és a SYN++ illesztés eredményeit. A két érték között nyilvánvaló korreláció van, de érzésem szerint a hiba nagyobb az említett 1100 km/s-nál. Hogyan határozták meg ezt a hibát? Melyik illesztési eljárás a robosztusabb? Mennyivel javulna a helyzet hidrokódok használatával?
5. A 7.2 fejezetben a 7.3 ábrán az EPM módszer által meghatározott távolságokat hasonlítja össze a NED távolságadataival. Mi az oka a szisztematikusan nagyobbak tűnő μ_0 értékeknek? Lehet-e/kell-e korrigálni ezekre?
6. Zavaró, hogy a 7.2 fejezetben több elemzés során is adottnak vesz bizonyos paramétereket. Pl. a 7.5 ábrán a SN 2004dj $H\alpha$ profiljának vizsgálata során a $K = 1$ és a $K = 2$ eseteket mutatja. A 7.8a ábrán az SN 2011dh esetén a fénygörbét illeszti 3 ill. 30 $R_\odot$ kezdeti távolság esetén, 0.2 cm²/g opacitással. A 7.8a ábra mérési pontjai a nagy hiba ellenére szisztematikusan eltérni látszanak a modelltől. A 7.9b ábra is hasonlóan furcsa. Miért nem volt az illesztés során szabad paraméter K ill. a bolometrikus modell paraméterei? Javul-e a helyzet, ha hidrokódot használunk a félanalitikus módszer helyett?
7. A 7.3 fejezetben a 7.10 ábrán elemzi a SN 2011dh feltételezett forrásának fotometriai adatait illeszti egy csillaghalmaz és egy sárga szuperóriás modelljével. Az ábrán szemmel látható, hogy a próbaként betett modellek közül a sárga szuperóriás modellje az optimális. Mindazonáltal a csillaghalmaz modellezésénél három különböző, számomra ad hoc-ként kiválasztott életkort használ a halmazoknál az illesztésre. Kérem mutassa meg, hogy az életkor állítgatásával NEM lehet a csillaghalmaz modellt összhangba hozni az adatokkal, azaz a 7.10 középső ábrán nem lehet javítani az illesztést!
8. Tapasztalat szerint a kiértékelő szoftverek fejlődésének egyik „mellék” hatása, hogy a régi adatok kiértékelésénél az újabb verzió más adatokat eredményez. Mennyire változtak az adatok az MLCS2k2 program használata miatt, összehasonlítva a korábbi pl. MLCS verzióval? Hogyan változnak a régebbi megfigyelések alapján meghatározott paraméterek?
9. A 8.3 fejezetben az Ia eseményeknél 9%-uk esetében azonosítottak nagysebességű vonalakat. Hogyan lehet ezeket figyelembe venni a szabvány gyertya modell korrekciójához, figyelembe véve a 8.1 fejezet végén említett pontatlanságokat is? Mennyire pontosan lehet ezt ill. a megfigyelési környezetet figyelembe venni, hogyan korlátozza ez a szupernóvák kozmológiai alkalmazását?
10. Az Iax szupernóvák hasonlóak az Ia-khoz, de valószínűleg fehér törpék termionukleáris égéseinek/robbanásainak eredményei. Az SN 2011ay spektrumának illesztése alapján azt javasolja, hogy a felül kell vizsgálni azt a kijelentést, hogy a legtöbb Iax szupernóva optikai spektrumában szén található. Mennyire tekinthető egy esemény alapján ez biztosnak? Megjegyzem, hogy Stan Woosley 101. oldalán idézett megjegyzése eléggé találónak tűnik („valószínűleg minden (szupernóva) modell megtörténik a természetben”).
11. A 9.3 fejezetben a szuperfényes szupernóvák modelljeit illeszti a megfigyelt fénygörbékre. Mennyire segít a polarizáció meghatározása az egyes modellek közötti választásban? Érdemes lenne-e pl. Piskéstetón polarizációt is mérni?

6. Értékelés

A dolgozat tartalmi és formai szempontból megfelel az MTA doktori dolgozatokkal szemben támasztott követelményeknek.

A dolgozat nyelve magyar, ami különösen értékelendő manapság, hiszen nap mint nap a magyar fizikai és asztrofizikai szakmai nyelv rohamosan térvésztesének vagyunk a tanúi. A nyelvezet jó, a szerző helyesen alkalmazza a magyar szakmai nyelvet. Az áttekintő fejezetek ill. alfejezetek kiváló összefoglalókat adnak az egyes témákról, remélhetőleg ez hasznosulni fog az oktatásban is. Az ábrák megfelelőek, egy részük közvetlenül a cikkekből származik, ezért néhol angol nyelvű ábra is megjelenik. A szöveg szerkesztése rendkívül gondos, kevés a hiba, az is inkább csak tördelési pontatlanság (pl. 133. oldal utolsó bekezdése).

Javaslom a doktori értekezés nyilvános vitára bocsátását, elfogadását, és az MTA doktori cím odaítélését.

Budapest, 2018.04.13.

Bagoly Zsolt
hab. egyetemi docens, a fizikai tudomány kandidátusa