

I. félévi beszámoló

Bora Zsófia (bora.zsfia2@gmail.com)

Csillagászat és Űrfizika PhD program

Témavezető: Vinkó József

A dolgozat címe: Termonukleáris szupernóvák megfigyelési asztrofizikája

Bevezetés:

A szupernóvák végállapotú csillagok nagyenergiás robbanásai, melyek igen fényesek, így nagy távolságokról is megfigyelhetőek. Számos alcsoportjuk közül kiemelhetőek az Ia típusú szupernóvák (SNIa-k), melyekről a szakirodalom úgy tartja, hogy olyan kettősrendszerbeli szén-oxigén (C/O) fehér törpék termonukleáris robbanásainak eredményei, amelyek szoros kettős rendszerben képesek a társuktól elnyert anyaggal megközelíteni a Chandrasekhar-határtömeget. Ezen határtömeg felett az elfajult anyagból álló fehér törpe belsejében beindulhat a spontán fúzió, amely aztán robbanáshoz vezet. Habár a termonukleáris szupernóvák ról régóta tudjuk, hogy fehér törpecsillagok felrobbanása során jönnek létre, azonban az utóbbi évtizedek során kiderült, hogy ezek az objektumok korántsem olyan homogének, mint az elsőre látszott. Az Ia szupernóvák esetről-esetre különböző tulajdonságokat mutatnak, és mind a társcsillag és a fehér törpe természete, tömege, mind az anyagátadás módja és magának a robbanásnak a mechanizmusa is jelenleg tisztázatlan (Maoz et al. 2014). Utóbbi években az is felmerült, hogy a megfigyelt diverzitás oka származhat abból, hogy különféle csatornákon való fejlődés is eredményezhet termonukleáris szupernóvát, azaz a megfigyelhető különbségek abból származnak, hogy különböző konfigurációban, esetleg különböző mechanizmussal robbant fehér törpét észlelünk. Épp ezért fontos az Ia szupernóvák vizsgálatának során a megfigyelhető paraméterek összevetése a különböző robbanási modellek jóslataival.

Az aktuális félévben elvégzett kutatások ismertetése:

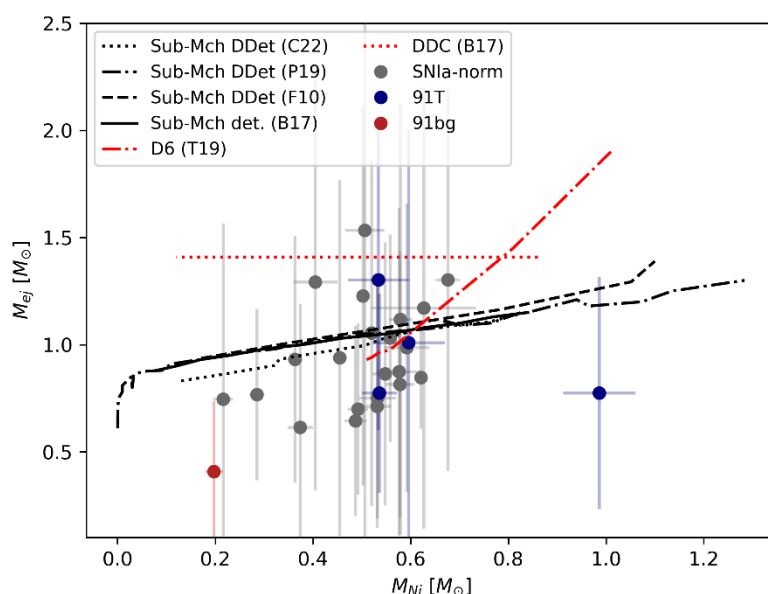
Mesterszakos tanulmányaim alatt az HUN-REN CSFK KTM Csillagászati Intézet Piszkéstetői Observatóriumának 80 cm-es Ritchey-Chrétien (RC80) távcsövével észlelt közeli Ia szupernóvák fotometriai adatait dolgoztam fel, és fénygörbéiket vizsgáltam. Fotometriai és spektroszkópiai adataik alapján meghatároztam olyan fizikai paramétereiket, amelyek segíthetnek fényt deríteni a robbanás mechanizmusára (robbanásban keletkezett nikkeltömeg, ledobott tömeg, tágulási sebesség, maximum idején mérhető szín stb.). Doktori kutatásom egyik célja ennek az analízisnek a további objektumokra való kiterjesztése volt, továbbfejlesztett módszerekkel.

Ennek megfelelően a korábban használt mintához még további 8 objektumot (SN 2021afs_j, SN 2021gtp, SN 2022aai_q, SN 2022fw, SN 2022hrs, SN 2022ydr, SN 2022zut, SN 2023bee) adtam hozzá, így a mintaszám 20-ról 28-ra emelkedett. Emellett az előzőleg használt módszereket is pontosítottam többféleképpen is. Első sorban a gazdagalaxis

vörösödésbecslésére más metódust használtam, mint az a mesterszakos szakdolgozatomban olvasható. Az MLCS2k2 fénygörbe illesztő kód távolságmeghatározásra alkalmas, és a távolságmodulussal egyszerre illeszti a szupernóva teljes vörösödés értékét. Azonban az új módszerben, ha a távolságmodulust lefixáljuk a SALT3 illesztésből kapott értékre, akkor megkapható egy pontosabb becslés a teljes vörösödésre, amiből aztán a Tejútrendszerbeli vörösödés érték ismeretében megkapható a gazdagalaxisra vonatkozó érték. Ezeket a vörösödésértékeket figyelembe kell venni a bolometrikus fénygörbék megalkotásánál, így közvetetten befolyásolják a bolometrikus luminozitás görbék illesztéséből kapott fizikai paraméterek (keletkezett nikkel tömeg, felfényesedési idő, gamma fotonok szivárgási időskálája stb.) eredményeit.

Ezentúl sikerült a fizikai paraméterek megállapításához szükséges további spektrumokhoz hozzáférnem a Las Cumbres Observatórium (LCO) segítségével. Így a spektrumaim most három forrásból származnak: a Transient Name Server (TNS)-en keresztül publikusan elérhető spektrumokból, és a témavezetőm által rendelkezésemre bocsátott McDonald Observatórium, illetve Las Cumbres Observatórium által mért színeképekből. Ezen adatoknak hála így minden vizsgált objektumomról rendelkezem jelenleg spektrális adatokkal, és megállapíthattam a maximum fényesség idején mérhető tágulási sebességeket az Si II $\lambda 6355$ vonalból. Az új bolometrikus luminozitásgörbék és a pontosabb sebességértékek segítségével tehát újra számolhattam a ledobott tömeg, és opacitás értékeket, így szert téve új, pontosabb fizikai paraméterekre, amelyeket aztán összevetettem robbanási modellek jóslataival.

Az egyik legfontosabb reláció, amely alapos vizsgálatot igényel, az a robbanásban keletkezett nikkel tömeg (M_{Ni}), és a robbanásban ledobott ejekta tömege (M_{ej}) közötti összefüggés. A 2. ábrán ezt ábrázolom a mintámra, több robbanási modell jóslataival együtt. A piros pontozott vonal Blondin és mtsai. (2017) Delayed Detonation (Késleltetett Detonáció, DDC) modelljét mutatja, ami egy pontosan a Chandrasekhar-tömegnél robbanó fehér törpét modellez. Ez a modell jól leírja a nikkel tömegek eloszlását, de nem jól illeszkedik az általam számolt, szub-Chandrasekhar tömegekre. A piros szaggatott vonal Tanikawa és mtsai. (2019) -es D6 modelljét jelöli, amely egy kétszeresen degenerált rendszerben két fehér törpe összeolvadását modellezi. Ez a modell egy rövid szakaszon jól illik az általam számolt értékekre, azonban olyan nagy tömegeket jósol, amelyek az én mintámban nem jelennek meg. Fekete vonalakkal különböző szub-Chandrasekhar modellek vannak jelölve, ezek közül 3 Double Detonation (Dupla Detonáció, DDet) modell, egy pedig egy centrális detonáció. A DDet modellek azt írják le, ahogy egy Chandrasekhar tömeg alatti fehér törpe a társcsillagától egy héliumban gazdag, pár század naptömegnyi burkot húz magára, majd később ahogy ez a burk berobban, az az alatta elhelyezkedő alacsony tömegű fehér törpét is berobbantja. Ezek a szub-Chandrasekhar robbanási modellek mind jól illeszkednek az általam számolt nikkel, illetve ejekta tömegekre, ezért azt lehet mondani, hogy a mintám nagyrésze valamilyen típusú Chandrasekhar tömeg alatti robbanást képvisel.



1. ábra. A robbanásban keletkezett nikkel tömeg, és az ejekta tömegének összefüggése, különböző robbanási modellel együtt ábrázolva.

Publikációk:

- 2023 szeptember: *Three is the magic number: Distance measurement of NGC 3147 using SN 2021hpr and its siblings* - Barna, B., Nagy, A.P., Bora, Z., et al. 2023, AAP, 677, A183. doi:10.1051/0004-6361/202346395
- A mesterképzés alatt, és az ebben a félévben elvégzett munkámat Bora et al (2024, in prep.) cikkben tervezem publikálni, a cikk jelenleg beküldés előtt áll.

Tanulmányi tevékenység az aktuális félévben:

Az első félévben az alábbi ELTE-s kurzusokat végeztem el sikeresen:

- Rádiócsillagászat 1. (FIZ/5/009, Szentirmayné Gabányi Krisztina Éva, Frey Sándor),
- (Exo)Bolygóléggörök szeminárium I. (FIZ/5/043, Forgácsné Dr. Dajka Emese Zelmira, Kiss Csaba Dr.),
- Naprendszerbeli plazmák fizikája (FIZ/5/055, Németh Zoltán, Opitz Andrea Dr.).

Továbbá elfogadták a jelentkezésemet a 2023-as NEON Observing School programra, amely az eredetileg meghirdetett 2023 őszi időpont helyett 2024 februárjában lesz megtartva Olaszországban, az Asiago Asztrofizikai Observatóriumban. Az iskola 2 hetének folyamán észlelések megtervezését, lebonyolítását, és csillagászati adatok feldolgozását fogom elsajátítani.

Szakmai közéleti tevékenység:

Továbbra is folytattam a Piszkestetői Observatórium észleléseiben részvételemet, 2024 januárjától ügyeletes csillagász munkakörben.

Hivatkozások:

Blondin, S., Dessart, L., Hillier, D. J., et al. 2017, MNRAS, 470, 157. doi:10.1093/mnras/stw2492

Maoz, D., Mannucci, F., & Nelemans, G. 2014, AARA, 52, 107. doi:10.1146/annurev-astro-082812-141031

Tanikawa, A., Nomoto, K., Nakasato, N., et al. 2019, ApJ, 885, 103. doi:10.3847/1538-4357/ab46b