

Turinys

Turinys.....	1
Santrauka.....	2
1. Įžanga.....	2
2.1 Bendrosios Ia tipo supernovų savybės.....	5
2.3 Artimos ir nutolusios Ia tipo supernovos	7
3.1 Ia tipo supernovų sproginų modeliai.....	7
3.2 Pagrindiniai Ia tipo supernovų modeliai.....	9
3.2.1 Detonacijos modelis.....	10
3.2.2 Liepsnojimo modelis.....	11
3.2.3 Uždelstos detonacijos modelis.....	12
3.2.4 Pulsuojančio uždelsto sproginimo modelis.....	13
3.2.5 Mažo tankio detonacinis modelis.....	14
4. Apžvelgtų modelių įvertinimas.....	15
5. Išvados.....	16
6. Literatūros sąrašas.....	17

Santrauka

Kadangi sukalibruotos Ia tipo supernovų šviesio kreivės yra vienas iš pagrindinių įrankių, leidžiantis nustatyti vietinį Visatos plėtimosi greitį bei jos geometrinę struktūrą, šių supernovų sprogo modelio ypatumas yra svarbus astrofizikos uždavinys. Labai tikėtina, kad tikriausiai dauguma Ia tipo supernovų yra baltosios nykštukės, kurių masės pasiekia Čandrasekaro ribą $M_{chan} \approx 1.39 M_{Saulės}$; ir jas sudrasko prasidėjusios termobranduolinės anglies ir deguonies reakcijos. Tačiau pats mechanizmas, kaip sprogo tokios anglies-deguonies baltosios nykštukės, vis dar nėra iki galo aiškus. Šiame darbe aptariame pagrindinius Ia tipo supernovų sprogo modelius, paremtus hidrodinaminių lygčių sprendimu.

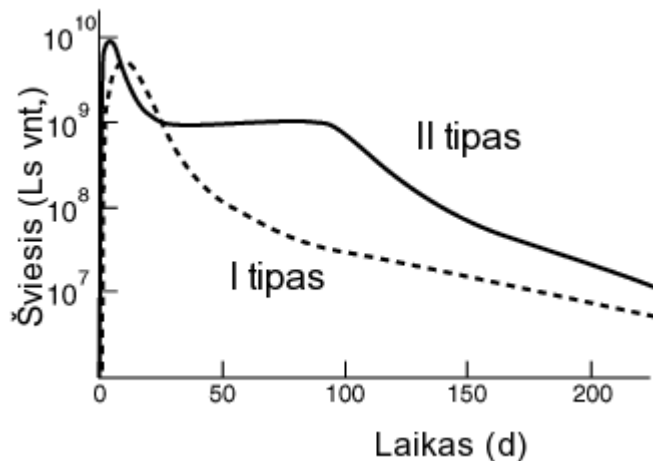
1. Įžanga

Nors ryškiai sužibusios “naujos žvaigždės” - novos ir supernovos – žmonių stebimos jau tūkstančius metų, modernūs jų tyrinėjimai prasidėjo palyginti neseniai – 1885-aisiais, kuomet Hartwigas Andromedos galaktikos centre atrado “novą”, kuri tapo neberegima po 18-os mėnesių. 1919 m. Lundmarkas nustatė, kad Andromedos galaktika, M31, yra nutolusi maždaug $7 \cdot 10^5$ šm nutolusi nuo mūsų – kas reiškė, kad ji buvo apie tūkstantį kartų ryškesnė už normalią novą. Lundmarkas taip pat pasiūlė egzistuojant ryšį tarp Krabo ūko ir Kinijos astronomų 1054 m. stebėtos supernovos.

NGC 5253 galaktikoje 1985 m. buvo pastebėta panaši supernova, kuri atrodė esanti penkis kartus ryškesnė, nei pati galaktika. Tačiau iki pat 1934 m. supernovos ir klasikinės novos nebuvo ryškiai atskirtos (Baade & Zwicky 1934). Prasidėję sistemingi stebėjimai iki 1956 m. leido atrasti dar 54 naujas supernovas, o naudojantis geresnėmis stebėjimų technologijomis, tarp 1958 ir 1963 buvo atrastos dar 82 supernovos, visos jos buvo ne mūsų galaktikoje.

Iki 1937 m. supernovų spektrogramos nebūdavo sudaromos arba būdavo sudaromos gana retai, o tai, kas buvo žinoma, neatrodė esą labai skirtingai nuo įprastinių novų. Tai pasikeitė su labai ryškios ($m_v \approx 8.4$) supernovos SN1937c atradimu (1937), kurios spektrinės ypatybės iki tol nebuvo matytos. Visos kitos nuo to laiko atrastos supernovos blėsdamos turėjo panašius spektrus, o šviesių dispersija maksimumo metu buvo labai maža. Tuo remdamiesi, mokslininkai ketvirto dešimtmečio pabaigoje pasiūlė naudoti supernovas kaip standartinius šviesulius - atstumo indikatorius. Naudodami Ia tipo supernovas atstumų nustatymui, astronomai įrodė Visatos plėtimosi greitėjimą.

Tęsiant supernovų tyrimus, paaiškėjo, kad egzistuoja bent du skirtingi jų porūšiai. B. Minkowskis 1940 m. suskirstė jas į dvi grupes – I tipo, kurių spektruose nėra vandenilio Balmerio linijų, ir II tipo, kurių spektruose šios linijos matomos.



Nebuvo žinoma, ar šie spektrų skirtumai atspindi ir skirtingus supernovų sprogo mechanizmus. Priešingai, daugelį metų vienintelis supernovų prigimties paaiškinimas buvo tai, kad supernovos – tai paprasta žvaigždė, virstanti neutronine, kuri gauna energiją dėl naujo kompaktiško objekto susidarymo metu atpalaiduotos gravitacinės energijos. Tik apie 1960 (Hoyle & Fowler) atrado, kad termobranduolinis degimas elektroninės degeneravusios žvaigždės viduje galėtų sukelti jos sprogo ir sudraskymą. Remiantis dar ir teiginiu, kad tokių žvaigždžių viduje energiją gamina ^{56}Ni izotopo skilimo metu išlaisvinta energija, šis scenarijus yra praktiškai visuotinai priimtas. Manoma, kad jis paaiškina I grupės Ia poklasio supernovų

charakteristikas.

Dabar teoretikai beveik visuotinai įsitikinę, kad Ia tipo supernovos – termobranduolinių sproгимų baltosiose nykštukėse pasekmė. Šios nykštukės turbūt sudarytos iš anglies ir deguonies ir turi masę, artimą Čandrasekaro masei, arba turi mažos masės anglies-deguonies branduolį, kurį gaubia He sluoksnis (sub-Čandrasekaro masės modelis). Pagrindiniai šiuos modelius pagrindžiantys argumentai yra šie:

- a) tai, kad po daugumos šių sproгимų negalime identifikuoti likusios neutroninės žvaigždės;
- b) šio poklasio supernovos atrodo gana vienodai;
- c) taip modeliuojamos šviesio kreivės puikiai atitinka stebėjimus;
- d) modeliai puikiai aprašo stebimus tipinių Ia tipo supernovų spektrus.

Be abejo, vien šie argumentai nereiškia, kad šie scenarijai tikrai aprašo tikrovę. Be to, vis naujesni duomenys parodo, kad Ia tipo supernovos nėra jau tokios homogeniškos – jų tarpe egzistuoja tam tikra įvairovė. Tai prieštarauja hipotezei, kad jų visų prigimtis bei sproгимai identiški. Norint patikimai jas naudoti kaip atstumo indikatorius, reikia iširti jų panašumus bei skirtumus ir susistematuoti visus nukrypimus nuo normų.

2.1 Bendrosios Ia tipo supernovų savybės

Ia tipo supernovos klasifikuojamos pagal jų spektroskopinių stebėjimų duomenis. Jas apibūdina vandenilio sugerties linijų nebuvimas – kas jas skiria nuo II tipo supernovų, taip pat stiprios silicio linijos prieš maksimumą ir maksimumo metu.

Spektrinės daugumos Ia tipo supernovų savybės, absoliutiniai ryškiai bei šviesių kreivių forma yra ypatingai panašios. Manoma, kad nuo 70 iki 85% visų stebėtų sproгимų prigimtis yra panaši – jie priklauso vadinamajai normaliai Ia poklasio supernovų grupei.

Optiniame maksimalaus šviesumo normaliosios Ia tipo supernovos spektre matomos neutralių ir vieną kartą jonizuotų Si, Ca, Mg, O linijos, kas rodo, kad išoriniai išmestos medžiagos sluoksniai daugiausiai sudaryti iš vidutinės masės elementų. Praėjus dviems

savitėms po maksimumo, spektre dominuoja Fe II linijos, vėliau, praėjus maždaug mėnesiui, atsiranda draustinės Fe II, Fe III ir Co III linijos, taip pat galima stebėti ir Ca II pėdsakus. Co linijų silpimas ir santykiniai Co III ir Fe III linijų intensyvumai leidžia manyti, kad šviesio kreivės “uodegoje” spinduliavimo energiją gamina radioaktyvusis ^{56}Co skilimas.

Kalbant apie fotometrines supernovų savybes, Ia tipo supernovos maksimalų ryškį pasiekia per maždaug 20 dienų. Jis paprastai būna lygus

$M_B \approx M_V \approx -19.30 \pm 0.03 + 5 \log(H_0/60)$, rezultatų dispersija yra mažesnė už 0.3. Šis ryškis sparčiai mažėja – apie trimis ryškiais per pirmąjį mėnesį. Vėliau šviesos kreivė eksponentiškai silpsta, ryškiui mažėjant apie vienetu per mėnesį. Ia tipo supernovos pasiekia antrąjį maksimumą, kuris matomas infraraudonųjų spindulių srityje maždaug po dviejų dienų po pirmojo maksimumo.

Labai stebėtina tai, kad Ia tipo supernovų spektruose nestebima plačiausiai paplitusių Visatoje elementų – helio ir vandenilio – linijų. Taip pat nestebimas spinduliavimas radijo diapazone.

2.2 Ia tipo supernovų įvairovė ir sistematizavimas

Astrofizikai įsitikinę, kad stebimi nevienodumai tarp Ia tipo supernovų yra stipriai tarpusavyje susiję. Galime visas Ia tipo supernovas sugrupuoti pagal sprogo stiprumą, tuomet matome, kad silpniau sprogančios supernovos yra ne tokios ryškios, jų šviesio kreivė silpsta greičiau, išmetama medžiaga juda lėčiau ir jos stipriau spinduliuoja raudonojoje spektro dalyje nei stipriau sprogančios.

Galima supernovų sproginų šviesio kreives parametrizuoti pagal ryškio silpimo spartą, arba netiesiškai jas interpoliuojant daugelyje spektro diapazonų – taip žymiai sumažinama absoliutinių ryškių dispersija. Dabar ši normalizavimo procedūra plačiai naudojama visuose šiuolaikiniuose kosmologiniuose tyrimuose, kuriuose Ia tipo supernovos naudojamos kaip atstumų indikatoriai.

Taip pat tikima, kad stebimų Ia tipo supernovų ypatumai yrasusiję su žvaigždžių telkiniu, kuriame jos yra. Ia tipo supernovos ankstyvojo tipo galaktikose pasižymi lėtesniu išmetamos medžiagos judėjimo greičiu, greitesniu šviesio kreivės silpimu, yra apie 0.2 mag silpnesnės, nei tos, kurios yra vėlesniojo tipo galaktikose.

Dar pastebima, kad išoriniuose spiralinių galaktikų regionuose stebimos Ia tipo supernovos yra panašiai silpnesnio ryškio, kaip ir esančios eliptinėse galaktikose, o sprogimų, vykstančių spiralinių galaktikų viduje, stipriai yra labiau pasiskirstę. Normalizavus šviesos kreives, šis absoliutinių ryškių pasiskirstymas sumažėja, kaip ir ryškių dispersija. Tai leidžia naudoti Ia tipo supernovas kaip "standartinius šviesulius" kosmologijoje, ir taip pat leidžia manyti, kad sprogimų stiprį valdo tik vienas parametras.

2.3 Artimos ir nutolusios Ia tipo supernovos

Ia tipo supernovos, esančios palyginti netoli (z mažesnis už 0.1), stebimos jau seniai. Ne per seniausiai pradėti vykdyti ir sistematiški tolimesnių ($z \approx 1$) supernovų stebėjimai, leidę surinkti duomenis apie daugiau nei 50 didelį raudonąjį poslinkį z turinčias supernovas. Praplečiant Hablo diagramą (galaktikų tolumo greičio ir jų atstumo priklausomybę), galima, turint pakankamai duomenų plačiame z reikšmių intervale, rasti Visatos materijos tankio parametą ir kosmologinę konstantą (Ω_M, Ω_Λ). Kitaip tariant, galima apriboti Visatos kosmologines lygtis rastų parametų vertėmis.

Stebėdami tolimas Ia tipo supernovas, astrofizikai nustatė, kad kosmologinė konstanta Ω_Λ nėra nulis – t.y. Visatoje egzistuoja neigiamą slėgį kuriantis elementas. Tiksliau tariant, iš Ia tipo supernovų gaunami duomenys rodo, kad Visatos erdvė yra euklidinė, o pati Visata yra 66% sudaryta iš vakuumo energijos ir 33% iš materijos. Kruopščiai išanalizavus duomenis ir atmetus visus veiksnius, galinčius daryti įtaką (atsižvelgta į Ia tipo supernovų evoliuciją, tarpgalaktinę ekstinkciją, gravitacinių lešių efektus), nustatyta, kad artimos ir labai tolimų supernovos yra statistiškai identiškos.

3. Ia tipo supernovų sproгимų modeliai

3.1 Stebėjimų keliami reikalavimai modeliams

Tam, kad modeliai atitiktų stebėjimus, bet koks tinkamas Ia supernovų sproginą aprašantis scenarijus turi tenkinti bent jau šiuos reikalavimus:

1. Teisingai aprašyti išmetamos medžiagos sandarą ir greitį, suderinant tai su stebimomis šviesio kreivėmis bei spektrais. Sprogimas turi būti pakankamai galingas, kad susidarytų pakankamai Ni ir jis turi pagaminti pakankamai greitai judančių vidutinės masės elementų sankaupas išoriniuose žvaigždės sluoksniuose. Be to, “normalioje” Ia tipo supernovoje randamas izotopų pasiskirstymas neturi per daug nukrypti nuo to, kurį stebime mūsų Saulės sistemoje.
2. Sprogimo mechanizmo modelio sprendiniai turi būti stabilūs – maži pradinių sąlygų ar modelio parametrų pokyčiai neturi labai žymiai įtakoti aprašomos sproginimo eigos. To reikalauja stebimų Ia supernovų homogenškumas.
3. Modelis turi būti stabilus, bet jame turi būti bent vienas parametras, kurio kaita teisingai nusako stebimą sproginų stiprių pasiskirstymą.
4. Sprogimo stiprio parametrai turi sietis su baltosios nykštukės būseną prieš sproginą ir koreliuoti su žvaigždžių populiacijos, kurioje yra nykštukė, parametrais.

Be abejo, sproginančios baltosios nykštukės viduje vykstančių fizikinių vyksmų modeliavimas taip, kad tai atitiktų stebėjimų iškeltus apribojimus, yra sudėtingi spinduliavimo pernašos skaičiavimai. Spinduliavimo pernaša daugelyje astrofizikos problemų yra dar neišspręsta, na, o Ia tipo supernovų atveju pernaša ypač sudėtinga.

Visų pirma, ne taip, kaip dauguma kitų astrofizikos tiriamų objektų, Ia tipo supernovų sudėtyje nėra vandenilio. Dėl to neskaidrumą supernovoje lemia elektronų sklaida (optiniame diapazone) bei daug atomų linijų (UV). Sprogimo pradžioje supernova yra neskaidri besiplečianti plazmos sfera, į kurią išsiskiria radioaktyviųjų skilimų išskirta energija. Jai plečiantis, supernova nuskaidrėja, tačiau, kadangi plazma juda greitai, svarbūs yra atomų linijų

Doplerio poslinkiai.

Taip pat spinduliavimo pernašai Ia tipo supernovose negali būti taikomas lokalinės termodinaminės pusiausvyros artinys, netinka metodai, dažnai naudojami žvaigždžių atmosferų modeliavimui. Kol kas dar nėra sutarimo, kaip geriausia pritaikyti šiuos modelius. Modeliavimą dar apsunkina tai, kad sprogstanti žvaigždė nebūtinai yra sferiškai simetriška – tai gali sąlygoti sudėtingi sprogo metu vykstantys vyksmai.

Sekančiuose skyreliuose aptarsime įvairių Ia tipo supernovų sprogo modelių pagrindines savybes ir atitikimą stebėjimams.

3.2 Pagrindiniai Ia tipo supernovų modeliai

Šiuolaikinėje astrofizikoje aptariamos dvi pagrindinės teorinių modelių grupės. Pirmajai priklauso modeliai, aprašantys masyvias anglies-deguonies baltąsias nykštukes, kurios siurbia medžiagą iš kaimyninės dvinarės sistemos žvaigždės. Kai nykštukės masė pasiekia kritinę masę, dėl karščio ir spaudimo prasidėjusios termobranduolinės reakcijos išskiria daug energijos, kuri sudrasko žvaigždę.

Antroji modelių grupė – tai modeliai, kurie aprašo dvi susiliejančias baltąsias nykštukes. Tokiuose scenarijuose nagrinėjama glaudi dvinarė dviejų vidutinio masyvumo baltųjų nykštukių sistema, kuri praranda energiją dėl gravitacinių bangų spinduliavimo, ir baltosios nykštukės susilieja, sudarydamos masyvesnį, nei Čandrasekaro masė, objektą. Tokio proceso metu mažiau masyvi žvaigždė suyra ir tampa akreciniu disku, besisukančiu apie didesniąją nykštukę.

Sykį prasidėjusios branduolinės reakcijos plis arba sprogo (detonacijos), arba liepsnojimo būdu. Sprogimas (“detonation”) - tai degimo procesas, plintantis greičiau, nei garso greitis terpėje, ir susidaro galinga smūginė banga. Liepsnojimas (“deflagration”) - tai mažiau energingas degimo procesas, kuomet degimas vyksta lėčiau ir plinta šiluminio laidumo būdu.

Detonacijos modeliai aprašo, kaip termobranduolinio degimo frontas juda viršgarsiniu greičiu aplinkos, kurioje vyksta degimas, atžvilgiu. Tokie modeliai numato tik ^{56}Ni susidarymą.

Užsiliepsnojimo modeliai numato, kad degimo frontas juda lėčiau, todėl nesudegusi medžiaga plečiasi prieš sudegdama. Šie modeliai numato tiek ^{56}Ni , tiek vidutinės masės elementų susidarymą, todėl laikoma, kad jie geriau paaiškina supernovų spektrus.

Priešingai šiems modeliams, kurie numato tik vieną termobranduolinio degimo sprogo metu tipą, uždelstos detonacijos modeliai numato, kad sprogo metu įvyksta staigus perėjimas nuo liepsnojimo į detonaciją. Šį perėjimą lemia arba turbulencija šalia degimo fronto, arba stiprūs baltosios nykštukės pulsavimai. Uždelstos detonacijos modeliai numato pakankamus ir vidutinės masės elementų, ir Fe grupės elementų kiekius, o susidariusių izotopų santykiai panašūs į esančius Saulės sistemoje – ko reikalauja stebėjimų duomenys.

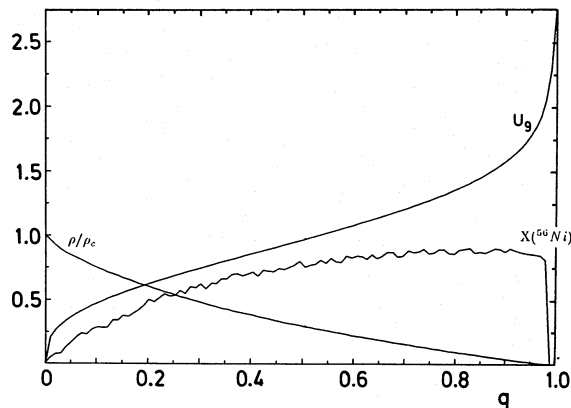
Greta šių, jau laikomų standartiniais, modelių, egzistuoja ir nestandartiniai - pulsuojančių uždelstų sprogo bei slopinamo sprogo retoje aplinkoje modeliai. Jie galėtų aprašyti susiliejančias žvaigždes arba dvinares žvaigždes, kurių išorinis apvalkalas (Roche sluoksnis) bendras. Palyginsime šių modelių atitikimą stebėjimų duomenims.

3.2.1 Detonacijos modelis

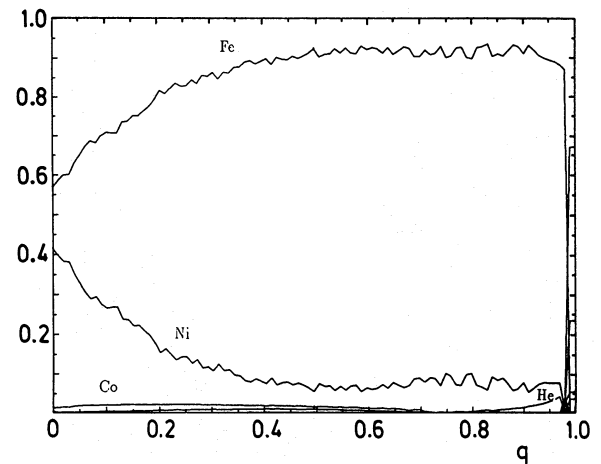
Šiame scenarijuje detonacijos banga beveik visą žvaigždės masę paverčia geležies grupės elementais ir nepagaminama praktiškai nei kiek vidutinės grupės elementų. Žvaigždės plėtimasis prasideda tik tada, kai detonacija pasiekia jos paviršių, apie 0.3 sekundės nuo supernovos sužibimo.

Per sekančias 10 s beveik visa šiluminė energija, išsiskyrusi reakcijų metu, virsta kinetine medžiagos energija, o išmesta medžiaga laisvai plečiasi. Šiam modeliui būdingas pastovus greičio didėjimas ir pastovus tankio mažėjimas.

Modelio numatomas supernovos tankis, elementų kiekis ir plėtimosi greitis pavaizduoti pav. 3.1 ir 3.2.



3.1 pav. Tankis (lyginant su centru), greitis (10^9cm/s), Ni masės dalis.



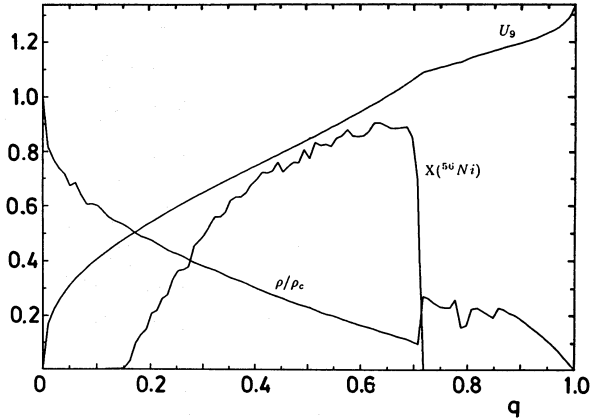
3.2 pav. Galutinė santykinė žvaigždės sudėtis.

3.2.2 Liepsnojimo modelis

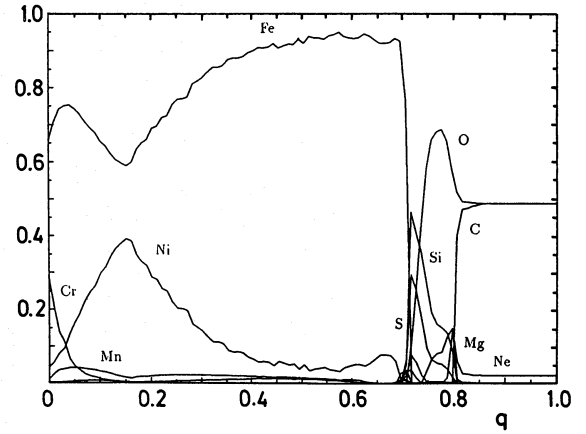
Liepsnojimo modelis teigia, kad termobranduolinis degimas lėčiau už garsą sklinda į žvaigždės išorę jai jau plečiantis. Kadangi supernova jau spėja šiek tiek išsiplėsti, termobranduolinis degimas liaunasi visai angliai ir deguoniui nespėjus sudegti, t.y. išoriniai baltosios nykštukės sluoksniai lieka nesudegę. Sluoksnyje, kuriame nuslopsta degimo banga, susidaro vidurinės masės elementai, šis sluoksnis atskiria supernovos šerdį nuo išorinių sluoksnių.

Šio modelio siūlomi rezultatai žymiai skiriasi nuo detonacinio modelio, tai paaiškinama tuo, kad išoriniuose sluoksniuose nevyksta branduolinės reakcijos ir jie juda dėl sąveikos su vidiniais žvaigždės sluoksniais.

Tarpinės masės elementų susidarymas šiame modelyje gana gerai paaiškina rezultatus, tačiau šis modelis teigia, jog šie elementai pasiskirstę tik siaurame masės sluoksnyje, kuris juda apie 1000 km/s greičiu. Tačiau spektrų stebėjimai rodo, kad šie elementai juda ne lėčiau, kaip 10000-20000 km/s.



3.3 pav. Žvaigždės tankis, medžiagos greitis, pradinis Ni kiekis



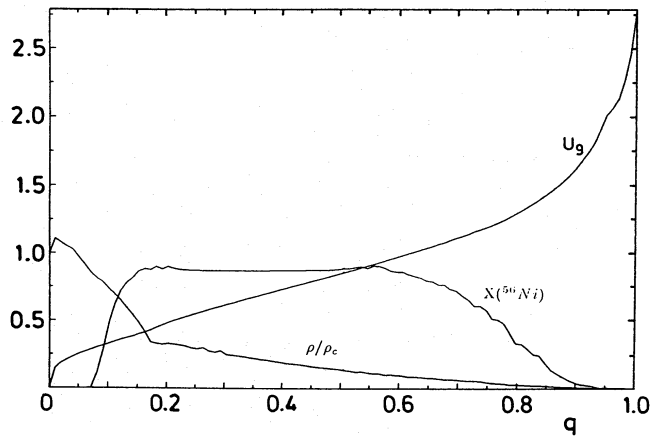
3.4 pav. Galutinė santykinė žvaigždės sudėtis

3.2.3 Uždelstos detonacijos modelis

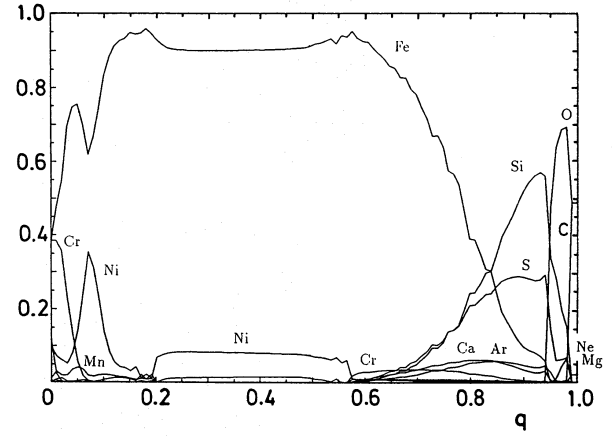
Kitaip nei prieš tai nagrinėti modeliai, kurie aprašo tik vieną degimo rūšį (detonaciją arba užsiliepsnojamą), šis mišrus modelis siūlo variantą, kai įvyksta staigus perėjimas nuo liepsnojimo į sproginimą dėl turbulencijos arba dėl žvaigždės pulsavimo.

Tam, kad atsirastų detonacijos banga, turi atsirasti nevienodai įkaitę regionai žvaigždės plazmoje. Nevienalaikiai tokių regionų sproginėjimai ir iš to kilusi kumuliacinė sąveika tarp slėgio ir degimo šiuose regionuose sudaro sąlygas atsirasti detonacijos bangai. Tokių regionų modeliavimas –labai sudėtingas procesas.

Uždelstos detonacijos metu žvaigždė, degdama liepsnojimo būdu, plečiasi ir jos tankis mažėja. Tuomet liepsnojimas virsta detonacija, kuri sudegina išorinius baltosios nykštukės sluoksnius. Smūginei bangai sklindant per retus išorinius sluoksnius, pagaminami nemaži tarpinės masės elementų kiekiai.



3.5 pav. Ia tipo supernovos santykinis tankis, Ni kiekis, plėtimosi greitis.



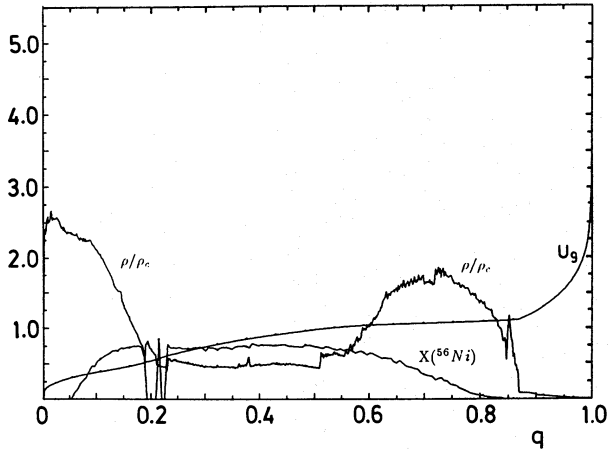
3.6 pav. Santykinė cheminė sudėtis

3.2.4 Pulsuojančio uždelsto sproginimo modelis

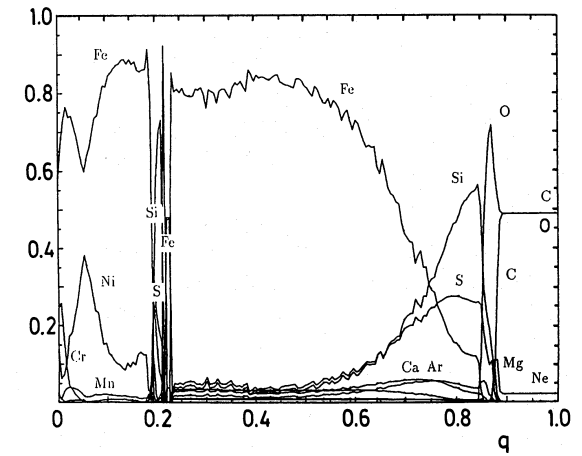
Yra pora argumentų, kurie sufleruoja tai, kad termobranduolinių liepsnų plitimas arti baltosios nykštukės centro yra gana lėtas (0.01-0.03 garso greičio įjė). Visų pirma, tokia prielaida išvengiama kai kurių neutronų gausių Fe izotopų, ypač ^{54}Fe , susidarymo. Be to, mažą liepsnojinimo plitimo greitį numato ir teoriniai svarstymai.

Jei liepsnojinimas plinta lėtai ir neprasideda detonacija, liepsnos frontas nuslopsta, žvaigždės dalelėms dar neįgijus energijos, didesnės už gravitacinę. Baltoji nykštukė lieka gravitaciškai susieta, tačiau stipriai pulsuoja, tai užsižiebdama, tai susitraukdama. Nykštukei susitraukus, vėl prasideda degimo procesai. Termobranduolinių procesų metu sudegus dar keliems procentams žvaigždės masės, baltoji nykštukė sužimba kaip supernova ir jos medžiaga išsilaisvina iš gravitacinės sąveikos. Išmesta medžiaga juda gana lėtai, 1000 km/s greičiu ir yra sudaryta iš anglies, deguonies, šiek tiek Ni bei mažų tarpinės masės elementų kiekių. Tačiau manoma, kad, baltajai nykštukei taip elgiantis, vistiek turėtų prasidėti detonacinis sproginimas.

Šis modelis numato, kad sproginimo metu susintezuojama daug ^{56}Ni izotopo, o greičiai, kuriais juda tarpinės masės elementai, pasiskirstę tarp 12000-30000 km/s. Tankio ir greičio pasiskirstymai, pavaizduoti 3.5 pav, primena pirmąjį, detonacijos, modelį. Sproginimas visiškai sunaikina baltąją nykštukę, nebelieka jokios nesudegusio apvalkalo sąveikos su besiplečiančiais vidiniais žvaigždės sluoksniais.



3.7 pav. Santykinis tankis, plėtimosi greitis ir Ni kiekis



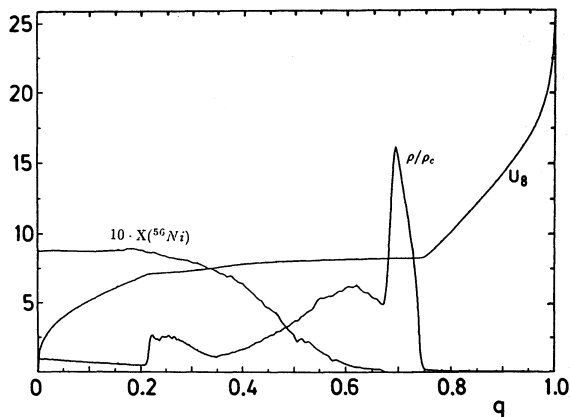
3.8 pav. Santykinė cheminė sudėtis

Kompiuteriniai skaičiavimai rodo, kad pulsacija pirmąsias 100 s yra labai nehomologiška, išoriniai sluoksniai plečiasi, o link žvaigždės centro judanti medžiaga sukuria stiprią į vidų nukreiptą smūginę bangą.

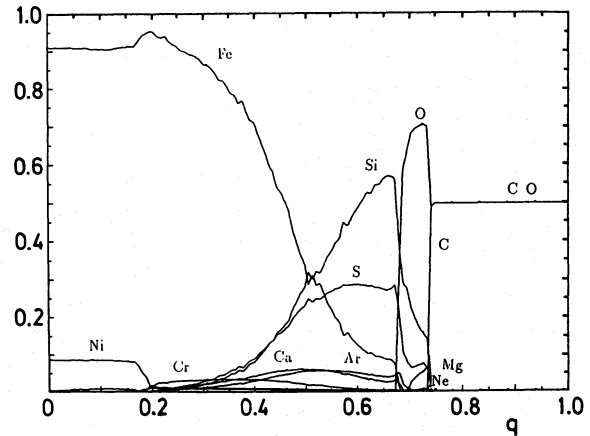
3.2.4 Mažo tankio detonacinis modelis

Nagrinėjant tokį Ia tipo supernovų scenarijų, kai jungiasi dvi baltosios nykštukės, tiriame, kaip elgsis storas akrecinis apvalkalas apie žvaigždę. Nagrinėjame vidutinės masės baltąją nykštukę, kuri sprogs detonacijos būdu ir turi kelių dešimtųjų Saulės masės dalių masės apvalkalą. Šis apvalkalas yra gana retas, taigi, jo medžiagoje neprasideda termobranduolinės reakcijos.

3.9 – 3.10 pav. pavaizduoti žvaigždės rodikliai, apvalkalo masę laikant lygia 0.4 Saulės masės. Matome, kad šiuo atveju į išorę sklindanti smūgio/detonacijos banga susiduria su mažo tankio apvalkalu, susidaro žvaigždės centro link sklindanti smūginė banga, kuri stipriai sulėtina į išorę sklindančią medžiagą. Šis sulėtėjimas pasireiškia tuo stipriau, kuo masyvesnis apvalkalas.



3.9 pav. Tankis (lyginant su centru), greitis (10^8 cm/s) Ni masės dalis.



3.10 pav. Galutinė santykinė žvaigždės sudėtis

Kiti autoriai pažymi, kad modelis, kaip paaiškinimą siūlantis susiliejančias baltasias nykštukes, nepaaiškina, kaip medžiagos akrecija nesukelia žvaigždės kolapsu. Kita vertus, šis modelis yra geras tuo, kad jis gana atitinkamai nusako Ia tipo supernovų sužibimo dažnumą, H ir He spektro linijų nebuvimą bei pateikia parametras – besijungiančių žvaigždžių sistemos masę – kuris paaiškina visas sprogo stiprio variacijas.

4. Apžvelgtų modelių įvertinimas

Apžvelgėme keletą skirtingų Ia tipo supernovų sprogo modelių, naudodamiesi A. Khoklovo sudarytais hidrodinaminių modelių skaičiavimais, kurie aprašo vykstančius branduolinius virsmus. Šie kompiuteriniai modeliai paremti vietinės termodinaminės pusiausvyros schema, kuri aprašo tiek energijos lygtis medžiagai ir spinduliavimui, tiek kylančius efektus dėl elektronų sklaidos.

Išskyrėme keletą sąsajų tarp stebimų dydžių ir modelių parametru, kurie leidžia įvertinti modelius. Pavyzdžiui, bolometrinis maksimumo ryškis mažėja tuo labiau, kuo ilgesnis supernovos ryškėjimo laikas, ir didėja proporcingai radioaktyviojo ^{56}Ni masei.

“Standartiniai” modeliai – liepsnojimas, detonacija, uždelsta detonacija – nelabai gerai paaiškina supernovas, kurios maksimalų sužibimą pasiekia per daugiau nei 15 d. Tokių vyksmų paaiškinimui reikia “nestandartinių” modelių – šiuo atveju, pulsuojančių uždelstu sprogo modelio ar slopinamos detonacijos modelio. Šios modelių klasės gali būti aiškiai

išskiriamos pagal fotosferos plėtimosi greitį, kuri tiesiogiai galima rasti, matuojant spektro linijų Doplerio poslinkį. Priešingai nei standartiniuose modeliuose, “nestandartiniai” modeliai pasižymi būdinga šio greičio priklausomybės nuo laiko plokštuma po maksimalaus sužibimo, kurios plotis priklauso nuo apvalkalo masės.

Visi paminėti “standartiniai” modeliai numato panašų absoliutinį ryškį

$M_V = 19.68 \pm 0.12$, o “nestandartiniai” modeliai rodo, kad tokių supernovų maksimalūs ryškiai kur kas mažesni – apie 19.2^m ir mažėja, didėjant apvalkalo masės parametru. Peršasi išvada, kad, jei stebimoje supernovoje matome būdingą plokštumą fotosferos plėtimosi greičio priklausomybės nuo laiko grafike, tą supernovą reikia atsargiai traktuoti kaip standartinį šviesulį, nustatant kosminius atstumus.

5. Išvados

Šiame darbe aptarėme Ia tipo supernovų aiškinimą šiuolaikinėje astrofizikoje, jų bendrąsias savybes, sistematizavimą, naudojimą atstumams nustatyti. Svarbiausia darbo dalis – tai keleto šiuolaikinių supernovos sprogo modelių aptarimas.

Akivaizdu, kad Ia tipo supernovos – tai sudėtingi reiškiniai, kurių fizikinis aiškinimas aprėpia ir skirtingą kilmę, ir skirtingą fizikinį vykstančių procesų modeliavimą. Kol kas negalime pateikti vienareikšmiško modelio, kuris atsakytų į visus klausimus.

Stebina tai, kad, nors aprašomi vyksmai yra labai sudėtingi ir priklauso nuo daugelio parametrų, visa Ia supernovų klasė yra stebėtinai homogeniška. Galbūt, toliau vykdydami stebėjimus, pamatysime, kad Ia tipo supernovos nėra tokios vienodos, nes padidės stebimų supernovų skaičius ir stebėjimo technikos.

6. Naudotos literatūros sąrašas

1. Hillebrandt W., Niemeyer J. C. Type Ia supernovae explosion models. *Annu. Rev. Astron. Astrophys.* 2000. 38:191–230 [žiūrėta 2008 m. gegužės 14 d.] Prieiga per internetą: <http://adsabs.harvard.edu/abs/2000ARA&A..38..191H>
2. Khokhlov A., Muller E., Hoflich P. Light curves of Type Ia supernova models with different explosion mechanisms. 1993. *Astronomy and Astrophysics* **270** (1-2): 223-248. [žiūrėta 2008 m. gegužės 14 d.] Prieiga per internetą: http://adsabs.harvard.edu/cgi-bin/bib_query?1993A%26A...270..223K
3. Mazzali A. Paolo. A Common Explosion Mechanism for Type Ia Supernovae. 2007. *Science* 315, 825 [žiūrėta 2008 m. gegužės 13 d.] Prieiga per internetą: <http://arxiv.org/pdf/astro-ph/0702351.pdf>
4. Mayer F. J., Reitz R. J. On the Homogeneity of Type Ia Supernovae Light Curves, 2002. *Astrophysics and Space Science*, Springer Netherlands, Volume 282, Number 2 / October, 439-445. [žiūrėta 2008 m. gegužės 13 d.] Prieiga per internetą: <http://www.springerlink.com/content/p27126333p789t70/>
5. Leibundgut B. Are Type Ia Supernovae Standard Candles? 2004. *Astrophysics and Space Science*, Springer Netherlands, Volume 290, 29-41. [žiūrėta 2008 m. gegužės 13 d.] Prieiga per internetą: <http://www.springerlink.com/content/g3302062h656487v/>