

A dolgozat fő kérdése: minként alakul egy II-es típusú szupernóvaként (SN II) felrobbanó csillag körül keringő kísérő(k) pályastabilitása?

A dolgozat részletkérdései:

- Magyarázhatja-e a bolygópályák stabilitása a pulzárok körül keringő bolygórendszerek létét?
- Mennyiben különbözik kettőscsillag-rendszerek stabilitása a bolygókétól?
- Kettős neutroncsillag-rendszerek keletkezhetnek-e kettős SN II robbanásokban?
- Hogyan változik a kettős neutroncsillag-rendszerek/komponensek pekuliáris sebessége?
- Miként alakul hármas rendszerekben a bolygók pályastabilitása SN II-robbanáskor?
- Milyen hatással van egy óriásbolygó-hold rendszer stabilitására az SN II-robbanás?
- Módosulhatnak-e SN II hatására a holdak pályái úgy, hogy árapályfűtés miatt élhetővé válnak?

A dolgozatomban bemutatott konfigurációk (kettős csillagrendszerek, kettős rendszer főkomponense körül keringő bolygók, óriásbolygók holdjai) a szakirodalomból eddig hiányoztak.

Alkalmazott numerikus módszerek:

- A szupernóvak köpenytágulását leíró homológ modell implementációja python nyelven.
- Változó tömegű többtest-probléma implementációja python nyelven.
- Paraméterter-paralelizáció a több, mint hárommillió modell szimulációjához.
- Pályaelemek és pekuliáris (rendszer-) sebességek számolása és statisztikai analízise.

Vizsgálataim során a következő eredményekre jutottam:

Kísérő stabilitása SN II körül: (megjelent publikáció: Regály, Fröhlich és Vinkó, ApJ, 2022)

- A modell másfél nagyságrenddel több kóbor bolygót eredményez, mint kötött bolygót.
- Kötött pulzár-bolygó rendszerek kialakulásához nagy pályaeccentricitás szükséges, illetve az, hogy a bolygó a robbanás pillanatában pályájának apocentrumához közel tartózkodjon.
- A végső- és kezdeti fél-nagy tengelyek aránya bolygótömegű kísérőkre legalább 2, így a pulzárok körüli bolygók mostani távolságuk maximum felén keringhettek a robbanás előtt.
- A széteső rendszerek kóbor csillagainak és bolygóinak sebessége maximum 275 km/s.
- A robbanást túlélő kettősök pekuliáris rendszersebességre tesznek szert.
- A pulzárok körül szűk pályán ($a < 4$ CSE) keringő bolygók legvalószínűbb magyarázata egy, a robbanást követő második generációs keletkezési mechanizmus.
- Egyszerű módszert adtam a homológ modell közelítésére állandó tömegvesztést feltételezve.

Kettős SN-robbanások: (kézirat szerkesztés alatt, Fröhlich, Regály és Vinkó)

- A rendszerek csupán 4,5%-a maradt stabil pályán a második robbanást követően.
- A kettőscsillag fél-nagy tengelye általában mindkét robbanás során nő. A második robbanásban korlátozott kezdőfeltételek mellett előfordult, hogy a fél-nagy tengely csökkent.
- Az első robbanás során a rendszerek excentricitása majdnem minden esetben nő. A második robbanás az $e > 0,4$ modellek pályáját körösíti.
- A második robbanáskor a megmaradás feltétele, hogy a kettőscsillag apocentrum környékén tartózkodjon. A pálya csak akkor körösödhet, ha a kettős exaktul apocentrumban van.
- A kettős neutroncsillag-rendszerek sebessége minden esetben kisebb, mint 60 km/s.
- A kettős neutroncsillag-rendszerek szeparációja legalább 2,9 CSE.

Főcsillag körül keringő bolygók:

- A bolygók mindegyike elhagyta a rendszert a robbanás során.
- Az elkóborló bolygók impulzust visznek el, így mind a rendszersebességek, mind a széteső kettősök komponenseinek sebességei kisebbek, mint egy kettőscsillag-rendszerekben.

Kettőscsillag tömegközéppontja körül keringő bolygók:

- Nagyon ritka esetben (0,03%) a bolygókat befoghatja a kettőscsillag valamelyik komponense.
- Nincs olyan bolygó, mely a robbanást követően is cirkumbináris pályán kering.

Óriásbolygók exoholdjai: (kézirat szerkesztés alatt, Fröhlich, Regály és Vinkó)

- A holdak tömegének nincs hatása azok pályastabilitására, pályaelemeire és sebességére.
- Egy hold pályájának destabilizálódása elenyészően kis esélyű, és a hold csak abban az esetben szakadhat el bolygójától, ha a bolygó is elhagyta anyacsillagát.
- Amennyiben a hold elszabaduló bolygó körül kering, pályája zsugorodik. Ellenben, ha a bolygó kötött marad, a hold pályájának fél-nagy tengelye gyakorlatilag nem változik.
- Egy kritikus érték (0,01) fölé csak akkor nő a hold excentricitása, ha bolygója elszabadul.
- A kóbor bolygók és holdjaik pekuliáris sebessége nagyjából azonos, 60-78 km/s közötti.
- Lehetséges tehát olyan holdak létrehozása, melyek a kóbor bolygó körül excentrikus keringenek, és a rajtuk kialakuló árapályfűtés magával hordozhatja az élet lehetőségét.