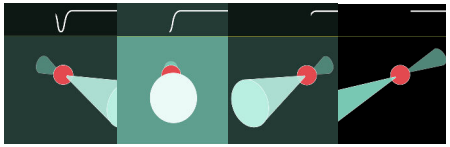
Si mund të vrojtohen?

Duke marrë në konsideratë numrin e yjeve që shpërthejnë në supernova arsyetohet se duhet të ketë rreth një miliardë yje neutronike në Rrugën e Qumështit. Megjithatë, astronomët kanë mundur deri tani të vrojtojnë vetëm rreth 3000 prej tyre. Në shumicën e yjeve neutronike emetohet një tufë rrezatimi radio, e krijuar nga fushat magnetike në pole. Këto fusha janë ekstreme - 10^{15} herë më të forta se fusha magnetike e Tokës. Meqë ylli neutronik rrotullohet, kur tufa mbërrin sipas drejtimit tonë mund të kapet një sinjal radio, që kështu shfaqet në formë pulsesh.

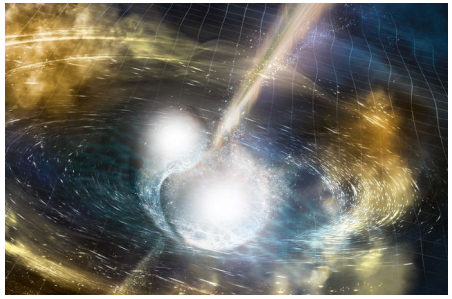
Qëkur këto pulse u kapën, vetitë e objektit (të quajtur pulsar) u shpjeguan përmes efektit të farit. Vetëm yjet neutronike - asokohe thjesht një koncept teorik - kishin veti të tilla që mund të shpjegonin faktet eksperimentale.



Shumica e yjeve neutronike që njohim janë pulsarë radio në rrotullim rreth boshtit të tyre. Tufa që emetojnë kapet nga antena radio atëhere kur ajo drejtohet për nga Toka.

Jocelyn Bell në vitin 1968.

Jocelyn Bell, një studente e Antony Hewish në Cambridge (Anglii), i zbuloi këto objekte në vitin 1967. Që në fillim u kuptua se ky pulsim vinte nga yje kompakte. Në 1974, Hewish për zbulimin e tij mori çmimin Nobel.



Vizatim artistik i bashkimit të dy yjeve neutronike. Tufat e ngushta janë shpërthime gama. Janë treguar edhe vorbulla resh prej materiali të hedhur tutje nga përplasja. Këto re emetojnë në dritë të dukshme dhe në gjatësi të tjera vale.

Burimi:
Imazh: National Science Foundation/LIGO/Sonoma State University/A. Simonnet

Valër gravitacionale dhe shpërthimet gama

Yjet neutronike mund të jenë edhe burime valësh gravitacionale – shtrembërime të hapësirë-kohës që përhapen me shpejtësinë e dritës. (shih TUIMP 18).

Me 17 gusht 2017, valët e emetuara nga ndeshja e dy yjeve neutronike u regjistruan nga detektorët e valëve LIGO dhe Virgo.

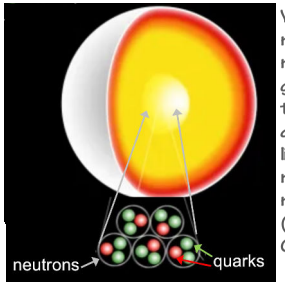
Për më tepër, drita e fortë e emetuar gjatë përplasjes u vrojtua nga teleskopë të ndryshëm.

Shkencëtarët qenë të aftë të përcaktojnë masat e dy yjeve dhe të tregojnë që kjo tip ngjarjeje mund të jetë në origjinën e shpërthimeve të shkurtra gama, shumë të fuqishme.

Ekuacionet e gjendjes

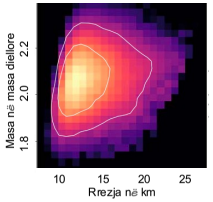
Vetëm shtresat më të jashtme të yllit neutronik (që i korrespondojnë 0.01 përqind të masës së tij) mund të përshkruhen duke u bazuar në eksperimentet e kryera në Tokë me bërthamat atomike. Shumica e lëndës së pranishme në bërthamën dhe koren e një ylli neutronik mund të studiohet vetëm teorikisht.

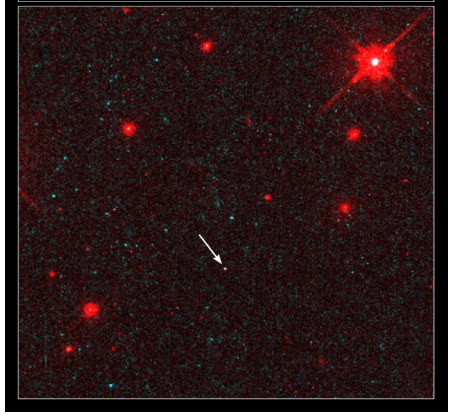
Brenda yjeve neutronike, shtypja duhet të rritet shumë shpejt me rritjen e dendësisë, në mënyrë që të përballojë masën e yllit. Bazuar në këto kushte, fizikanët teorikë kërkojnë për lidhje mes dendësisë dhe shtypjes. Nga ky Ekuacion Gjendjeje ata mund të gjejnë teorikisht masën dhe rrezen e yllit dhe ta krahasojnë me vrojtimet. Me përafrime të njëpas-njëshme ata mund të përcaktojnë Ekuacionin e Gjendjes të lëndës së dendur, duke zbuluar kështu vetitë e gjendjes më ekstreme të lëndës së njohur deri më tani.



Vetitë e lëndës së ngjeshur kodohen në ekuacionin e gjendjes, që mund të përcaktohet duke studiuar lidhjen masë-rreze të yjeve neutronike. (Figura nga CXC/M. Weiss).

Masat dhe rrezet e yllit neutronik mund të gjenden nga vrojtimet e sistemeve dyshe të pulsarëve.
Figura poshtë tregon lidhjen mes masës dhe rrezes së yllit neutronik PSR J0740+6620,ashtu si e tregojnë vrojtimet. Zona më e ndritshme i korrespondon vlerave me probabilitet më të lartë: 2.08 masa diellore dhe 12.35 km (Miller et al. 2021).





Ky imazh tregon se si një yll neutronik i afërt shihet nga Toka, në dritën e dukshme.

Universi në xhepin tim

Paweł Hanseł
Leszek J. Zduniк
Michał Bejger
CAMK, Polonë

Çfarë janë yjet neutronike?

Një yll neutronik është mbetje yjore: funksionon si gjigant i madh bërthamor, i krijuar nga vdekja e yjeve masivë, me masë deri 8 herë masën e Diellit, dhe me rreze vetëm disa dhjetëra kilometra. Ky yll ka densitet jashtëzakonisht të lartë dhe fushë gravitacionale shumë të fortë, duke krijuar kushte ekstreme fizike.

Struktura e një ylli neutronik prej 1.4 masash diellore, e përshtatur nga Jorge Piekarewicz. Përbërëset janë:

- Atmosfera e gaztë (pak cm e trashë).
- «Oqeani» i lëngët (10 m i thellë).
- Korja e ngurtë (1 km e trashë) përbëhet nga korja e jashtme (bërthama që formojnë një kristal, të mbështjellë nga një gaz elektronesh) dhe korja e brendshme (kristali i mbështjellë nga një gaz elektronesh dhe neutronesh).
- Bërthama e lëngët. Mbështjella e jashtme (rreth 7 km e trashë) përbëhet nga neutrone, protone, elektrone dhe myone. Bërthama e brendshme me rreze rreth 4 km është mister, ajo mund të përbëhet nga grimca ekzotike.

Çfarë ka brenda një ylli neutronik?

Struktura e brendshme e një ylli neutronik i ngjan shtresave të qepës. Korja e ngurtë përmban vetëm 1% të masës së yllit, kurse 99% ndodhet në bërthamën e lëngët dhe në bërthamën e brendshme shumë misterioze. Dendësia rritet me thellësinë nga 10 g/cm^3 në atmosferën e gaztë (me temperaturë tipike 1-2 milionë K) deri në 100000000000 kilogram/cm^3 në qendër, diku te 4-6 herë më e dendur se bërthama atomike. Një lugë çaji me material prej yjesh neutronike do të peshonte sa e tërë popullata njerëzore!

Brendësia nuk është vetëm e nxehtë dhe e dendur, por edhe shumë e magnetizuar, super-rrjedhëse dhe super-përcjellëse. Duke e vrojtuar mund të mësojmë rreth veçorive të saj, dhe ta përdorim si laborator kozmik ekstrem.

Ky është ekrani i orës së parë pulsar në botë, që ishte instaluar në muzeun e Kullës së Orës në Gdańsk, Poloni, në 2011.

Kjo orë unike përdor impulset e pulsarëve për të ndjekur kohën.

Ajo përbëhet nga një radioteleskop me 16 antena që marrin sinjale nga 6 pulsarë.

Yjet neutronike si orë

Pulsimet që kapen nga yjet neutronike kanë një interval të gjerë periodash: nga 1.4 milisekonda në gati 1 minutë.

Surpriza qëndron në rregullsinë e jashtëzakonshme të pulseve: një orë e bazuar në pulsar ngadalësohet vetëm një sekondë për çdo një milionë vjet.

Meqë pulsarët janë orë shumë të sakta, ata na e bëjnë të mundur të matim edhe shmangie shumë të vogla nga teoria që përshkruan lëvizjen e yjeve në një fushë gravitacionale. Ata na lejojnë që të testojmë teoritë e gravitetit. Duket që Teoria e Relativitetit të Përgjithshëm, e formuluar nga Einstein në 1915, e kalon shkëlqyer këtë test!

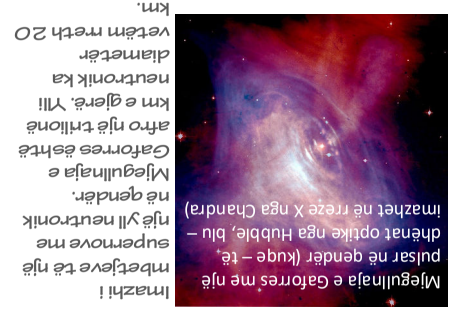
Mjegullnaja e Gaforres me një mbetje e shpërthimit supernovë me dendësi shumë të lartë, e njohur si Pulsari i Gaforres. Ky pulsar bën 30 rotacione çdo sekonde dhe ka fushë magnetike 1 miliard herë më fortë se Dielli.

Struktura e një ylli neutronik prej 1.4 masash diellore, e përshtatur nga Jorge Piekarewicz. Përbërëset janë:

- Atmosfera e gaztë (pak cm e trashë).
- «Oqeani» i lëngët (10 m i thellë).
- Korja e ngurtë (1 km e trashë) përbëhet nga korja e jashtme (bërthama që formojnë një kristal, të mbështjellë nga një gaz elektronesh) dhe korja e brendshme (kristali i mbështjellë nga një gaz elektronesh dhe neutronesh).
- Bërthama e lëngët. Mbështjella e jashtme (rreth 7 km e trashë) përbëhet nga neutrone, protone, elektrone dhe myone. Bërthama e brendshme me rreze rreth 4 km është mister, ajo mund të përbëhet nga grimca ekzotike.

Mjegullnaja e Gaforres me një mbetje e shpërthimit supernovë me dendësi shumë të lartë, e njohur si Pulsari i Gaforres. Ky pulsar bën 30 rotacione çdo sekonde dhe ka fushë magnetike 1 miliard herë më fortë se Dielli.

Imazhi i mbetjeve të një supernove me një yll neutronik në qendër. Mjegullnaja e Gaforres është afro një trilionë km e gjerë. Yllit neutronik ka diametër vetëm rreth 20 km.



Mbetje supernove e vrojtuar nga by Teleskopi Hapësinor James Webb

Quiz

1. Yjet neutronike janë:
   a. bërthama të shembura yjesh të mëdha
   b. një tip vrimash të zeza
   c. mbetje galaksish
2. Sa është masa tipike e një yll neutronik?
   a. mes 8 dhe 25 masash diellore
   b. Mbi 100 milionë masa diellore
   c. mes 1 dhe 2 masash diellore
3. Yjet neutronike janë vrojtuar
   a. Në të gjithë gjatësinë e valëve elektromagnetike
   b. Vetëm në rreze X dhe dritë të dukshme
   c. Vetëm në rreze gama
   d. Vetëm në radio
4. Temperatura e sipërfaqes së një yll neutronik është
   a. mbi 100 milionë gradë
   b. pak milionë gradë
   c. e ngjashme me atë të Diellit

Përgjigjet: a c a b

Imazhi i kapakut: Shikim artistik i një yll neutronik. Burimi: Casey Reed, Penn State University.

Universi në xhepin tim No. 31

Ky mini-libër u shkrua në vitin 2024 nga Paweł Haensel, Leszek J. Zdunik të Qendrës Astronomike Nicolaus Copernicus (Poloni) dhe Michał Bejger nga INFN Ferrara (Italì) dhe Qendra Astronomike Nicolaus Copernicus (Poloni). Ai u ripunua nga Stan Kurtz (UNAM, Meksiko) dhe Graźyna Stasińska (Observatori i Parisit).

Imazhi i kapakut: Shikim artistik i një yll neutronik. Burimi: Casey Reed, Penn State University.

Për të mësuar më shumë rreth kësaj serie dhe temave të paraqitura në këtë minilibër, mund të vizitoni http://www.tuimp.org

Përkthimi: Mimoza Hafizi
TUIMP Creative Commons CC BY NC SA