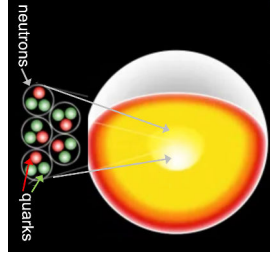


Masa në masa diellore  
1.8 2.0 2.2  
10 15 20 25  
Rrezja në km  
vërtetë e lëndës së ngjeshur kodohen në ekuacionin e gjendjes, që mund të përcaktohet duke studiuar lidhjen masë-rezë të yllve neutronike. (Figura nga CXC/M. Weiss).

Masat dhe rrezet e yllit neutronik mund të gjenden nga vërtetimet e sistemeve dyshë të pulsarëve. Figura poshtë tregon lidhjen mes masës dhe rrezes së yllit neutronik PSR J0740+6620, ashtu si e tregojnë vërtetimet. Zona më e ndritshme i korrespondon vlerave më probabilitet më të lartë: 2.08 masa diellore dhe 1.2, 3.5 km (Miller et al. 2021).



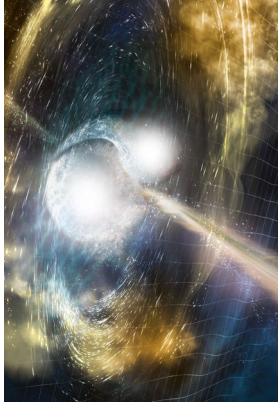
Yllit neutronik mund të gjendet nga vërtetimet e sistemeve dyshë të pulsarëve. Figura poshtë tregon lidhjen mes masës dhe rrezes së yllit neutronik PSR J0740+6620, ashtu si e tregojnë vërtetimet. Zona më e ndritshme i korrespondon vlerave më probabilitet më të lartë: 2.08 masa diellore dhe 1.2, 3.5 km (Miller et al. 2021).

**Ekuacionet e gjendjes**  
Vetëm shtresat më të jashtme të yllit neutronik (që i korrespondojnë O O 1 përçind 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 yll neutronik mund të studiohet vetëm teorikisht.

Brenda yllve 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 rrezën e yllit dhe ta krahasojnë me vërtetimet. Me përfrime të njëpasnjëshme 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.

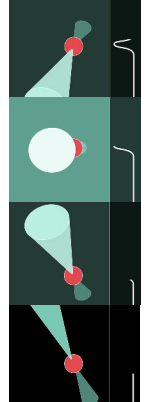
Burimi:  
Imazhi: National Science Foundation/LIGO/Sonoma State University/A. Simonet

Vizatim artistik i dëshimit të dy yllve neutronike. Tufat e ngushta janë shpërthime gama. Janë treguar edhe vorbulla resh prej materiali të hehur tufta nga përplasjeja. Këto re emetojnë në dritë të dukshme dhe në gjatësi të tjera valë.



**Si mund të vërtetohen?**  
Duke marrë në konsideratë numrin e yllve që shpërthijnë në supernova arsyetohet se duhet të ketë rreth një miliardë yllve neutronike në Rrugën e Qumështit. Megjithatë, astronomët kanë mundur deri tani të vërtetojnë vetëm merrth 3000 prej tyre. Në shumicën e yllve 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. Megjithatë yllit neutronik rrotullohet, kur tufa mbërrin sipas drejtimin 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 yllit neutronik - asokohe thjesht një koncept teorik - kishin veti të tilla që mund të shpjegonin faktet eksperimentale.



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



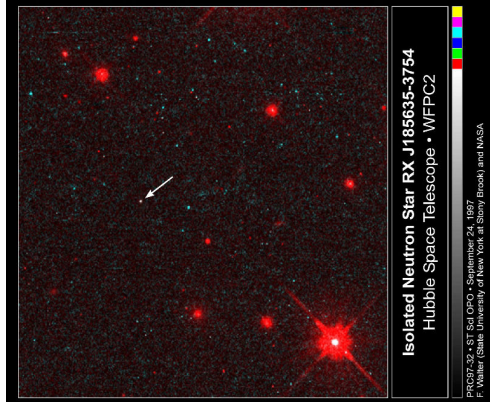
Jocelyn Bell në vitin 1967.  
Jocelyn Bell, një studente e Antony Hewish në Cambridge (Angli), i zbuloi këto objekte në vitin 1967. Që në fillim u kuptua se ky pulsar vinte nga një kompakte. Në 1974, Hewish për zbulimin e tij mori çmimin Nobel.

**Valër gravitacionale dhe shpërthimet gama**

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

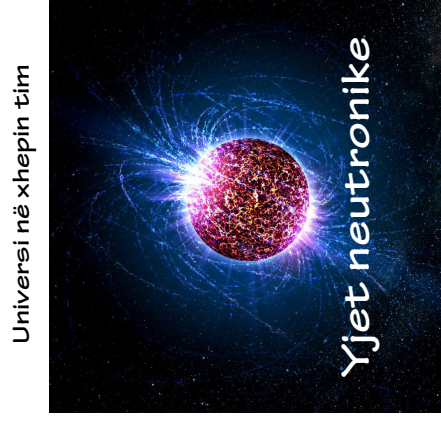
Me 17 gusht 2017, valët e emetuara nga ndeshja e dy yllve neutronike u regjistruan nga detektorët e valëve LIGO dhe Virgo.

Për më tepër, drita e fortë e emeluar gjatë përplasjes u vrojtua nga teleskopë të ndryshëm. Shkencëtarët bënë të aftë të përcaktojnë masat e dy yllve dhe të tregojnë që kjo tip ngjarje mund të jetë në origjinën e shpërthimeve të shkurtra gama, shumë të fuqishme.



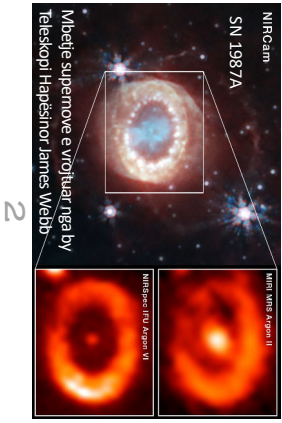
Isolated Neutron Star RX J185635-3754  
Hubble Space Telescope • WFP02  
PRC92.92 • ST ScI OPO, September 24, 1997  
F. Walter (State University of New York at Stony Brook) and NASA

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



Yllit neutronike  
THE UNIVERSE IN MY POCKET  
No. 31  
Pawel Haensel  
Leszek J. Zdunik  
Michał Bejger  
CAMK, Poland

Universi në xhepin tim



Mbeteqsupernove e vrojtuar nga by teleskopi Hapësiror James Webb

2



Megullhaja e Gafornes me një pulsar në qendër (kudë – të supernove me një yll neutronik në qendër. Megullhaja e Gafornes është afro një trilionë km e gjërë. Ylli neutronik ka diametër vetëm rreth 20 km.

- Quiz**
- Ylet neutronike janë:
    - bërthama të shembura njësh të mëdha
    - një tip vrinash të zeza
    - mbrerje galaktike
  - Sa është masa tipike e një ylli neutronik?
    - mes 8 dhe 25 masaesh diellore
    - Mbi 100 milionë masa diellore
    - mes 1 dhe 2 masaesh diellore
  - Ylet neutronike janë vrojtuar
    - Në të gjithë gjatësinë e valëve elektromagnetike
    - Vetëm në rreze X dhe dritë të dukshme
    - Vetëm në rreze gama
    - Vetëm në radio
  - Temperatura e sipërfaqes së një ylli neutronik është
    - mbi 100 milionë gradë
    - pak milionë gradë
    - e ngjashme me atë të Diellit

Përfundim: a c a b

Përkthimi: Mimoza Hafizi  
TUMIP Creative Commons

<http://www.tumip.org>

CC BY NC SA

Ky minilibër u shkrua në vitin 2024 nga Paweł Haensel, Leszek J. Zdunik të Qendrës Astronomike Nicolaus Copernicus (Poloni) dhe Michal Belger nga INFN Ferrara (Itali) dhe Qendra Astronomike Nicolaus Copernicus (Poloni). Ai u rra nga Stan Kurtz (UNAM, Mexico) dhe Grazyna Stasińska (Observatori i Pansit).

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

**Çfarë janë ylet neutronike?**

Një yll neutronik është mbetje gjore: fundi i një ylli masiv, i cili – në fillimet e jetës së tij – ka patur një masë më të madhe se 8 masa diellore, dhe më të vogël se 25 masa diellore. Në fund të jetës së tij, një yll imadh shpërthen si supernova dhe material që ngjitet shembet brenda vetes, ngaqë energjia që prodhohet bie shumë. Kështu, bërthama e yllit shtypet në dendësi më të larta se ato të një bërthame atomike. Ylet neutronike janë të dytat në natyrë si objektet më të dendura, të njohura nga shkencë. *Kompaktësia e tyre* (raporti mes masës dhe rrezes) kalohet vetëm nga vrinat e zeza. Ylet neutronike kanë masë rreth 1.4 kilometra dhe masa ndërmjet 1 dhe 2 masaesh diellore. Për krahasim, një vrinë e zezë me masë sa të Diellit ka rreze rreth 3 km. Ylet neutronike kanë qendrë vetëm një koncept teorik deri në zbulimin e tyre në vitin 1967.

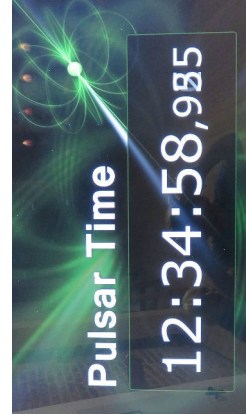
3

**Çfarë ka brenda një ylli neutronik?**

Struktura e brendshme e një ylli neutronik i ngjajn shtresave të qepës. Korja e ngurtë përbëhet 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<sup>3</sup> në atmosferën e gaztë (me temperaturë tipike 1-2 milionë K) deri në 1000000000 kilogram/cm<sup>3</sup> në qendër, diku të 4-6 herë më e dendur se bërthama atomike. Një lugë çaji me material prej njësh neutronike do të peshonte sa e tërë popullata e rrethorë!

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

7



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 impulsjet e pulsarëve për të ndjekur kohën.



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

10

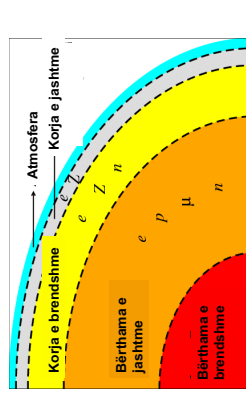
**Ylet neutronike si orë**

Pulsimet që kapen nga ylet neutronike kanë një interval të gjërë periodash: nga 1.4 milisekonda në 3.0 sekonda.

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

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

11



Struktura e një ylli neutronik prej 1.4 masaesh diellore, e përshatuar nga Jorge Piñarewicz. Përbërëset janë:

- Atmosfera e gaztë (pak cm e trashë).
- «Ocean» 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, elektrone dhe myone. Bërthama e brendshme me rreze rreth 4 km është mister, ajo mund të përbëhet nga grimca ekzotike.

9