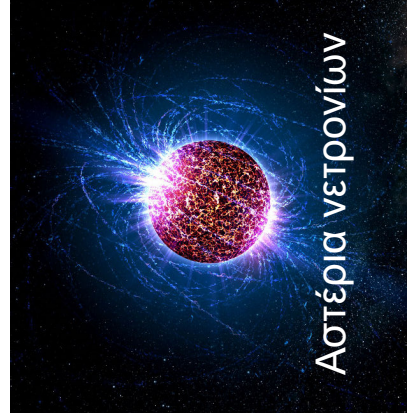


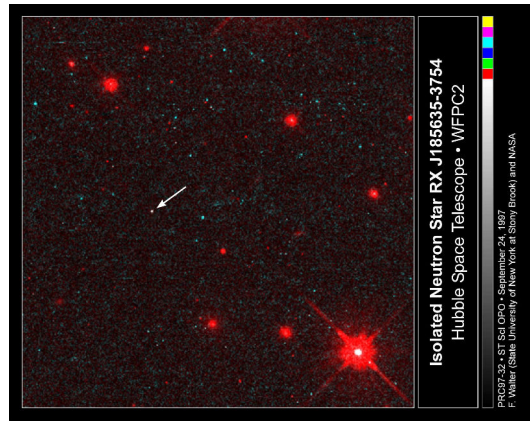
Pawel Haensel
Leszek J. Zdunik
Michał Bejger
CAMK, Πολωνία



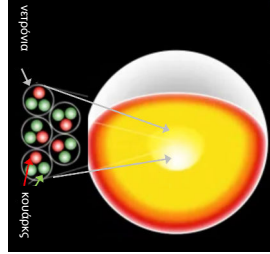
Αστέρια νετρονίων



Το Σύμπαν στην τσέπη μου



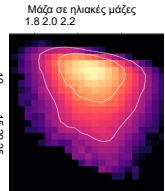
Αυτή η εικόνα δείχνει πώς μοιάζει ένα κοντινό αστέρι νετρονίων από τη Γη, στο ορατό φως.



Οι ιδιότητες της πυκνής ύλης κωδικοποιούνται στην καταστατική εξίσωση, η οποία μπορεί να προσδιοριστεί μελετώντας τη σχέση μάζας-ακτίνας των αστέρων νετρονίων. (Εικόνα μετά από CXCMA Weiss).

Η μάζα και η ακτίνα των αστέρων νετρονίων μπορούν να εκτιμηθούν από παρατηρήσεις πλάσας σε δυαδικά συστήματα.

Το παρακάτω σχήμα δείχνει τη σχέση μεταξύ της μάζας και της ακτίνας του αστέρα νετρονίων PSR J0740+6620



που λαμβάνονται από παρατηρήσεις. Η φωτεινότερη όλη του σχήματος αντιστοιχεί στις πιο πιθανές τιμές: 2,08 ηλιακές μάζες και 12,35 χλμ (Miller et al. 2021).

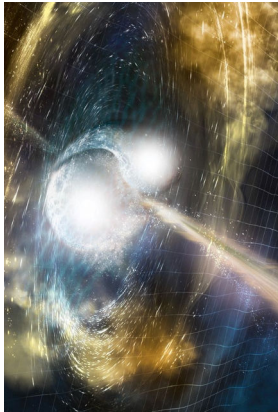
Η καταστατική εξίσωση

Μόνο το εξωτερικό τμήμα ενός αστέρα νετρονίων (που αντιστοιχεί στο 0,01 % της μάζας του) μπορεί να περιγραφεί με περάσματα σε ατομικούς πυρήνες που γίνονται στη Γη. Οι περισσότεροι από τους πυρήνες που υπάρχουν στον φλοιό και τον πυρήνα του αστέρα νετρονίων μπορούν να μελετηθούν μόνο θεωρητικά.

Μέσα στους αστέρες νετρονίων, η πίεση τρέφει και αυξάνεται αρκετά γρήγορα με την πυκνότητα να να υποστοί την μάζα του αστέρα νετρονίων. Χρησιμοποιώντας αυτή τη συνθήκη, οι θεωρητικοί φυσικοί εκτιμούν τη σχέση μεταξύ της πυκνότητας και της πίεσης. Από αυτή την καταστατική εξίσωση μπορούν να εξάγουν τη σχέση μεταξύ της μάζας και της ακτίνας ενός αστέρα νετρονίων και να τη συγκρίνουν με τις παρατηρήσεις. Με διαδικασίες προσομοιώσεων μπορούν να προσδιοριστούν την πραγματική καταστατική εξίσωση της πυκνής ύλης, αποκλειστικά είναι της ιδιότητας της πιο ακριβούς κατάστασης της ύλης που είναι γνωστή σήμερα.

Βαρυτικά κύματα και εκρήξεις ακτίνων γάμμα

Οι αστέρες νετρονίων μπορεί επίσης να είναι πηγές βαρυτικών κυμάτων - παραρνομόφωδων που διασπούνται ταξιδεύοντας από τα 18). Στις 17 Αυγούστου 2017, τα κύματα που εκπέμφθηκαν από δύο συγκρουόμενους αστέρες νετρονίων καταγράφηκαν από τους ανιχνευτές βαρυτικών κυμάτων LIGO και Virgo. Επιπλέον, το έπαινο φωτός που εκπέμφθηκε κατά τη διάρκεια της σύγκρουσης παρατηρήθηκε από διάφορα τηλεσκόπια. Οι επιστήμονες ζήτησαν να προσδιορίσουν τις μάζες των δύο άστρων και να δείξουν ότι αυτού του είδους τα γεγονότα θα μπορούσαν να είναι η προέλευση ισχυρών σύντομων εκρήξεων ακτίνων γάμμα.

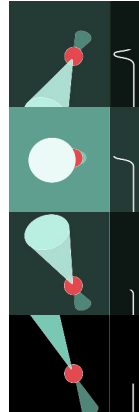


Μια καλλιτεχνική απεικόνιση δύο αστέρων νετρονίων που συγχωνεύονται. Οι στενές ακτίνες είναι οι εκρήξεις ακτίνων γάμμα. Διεισδύονται επίσης στροβιλιζόμενα νέφη υλικού που εκτοξεύονται από τα συγχωνευόμενα αστέρια. Αυτά τα νέφη εκπέμπουν στο ορατό φως καθώς και σε άλλα μήκη κύματος.

Συντάκτες: Εθνικό Ίδρυμα Επιστημών/LIGO/Sonoma State University/A. Simonet



Η Jocelyn Bell, μαθήτρια του Antony Hewish στο Cambridge (Αγγλία), ανακάλυψε αυτά τα ανιχνεύματα το 1967. Η ανακάλυψη αυτή έγινε αρχικά κατανοητή ως σφαιροειδής σε παλμούς συμπαγών αστέρων. Το 1974 το βραβείο Νόμπελ απονεμήθηκε στον Hewish για την ανακάλυψη αυτή.



Η πλεονεχία των ανιχνευτών αστέρων νετρονίων είναι η δυνατότητα να ανιχνεύονται οι αλλαγές στην απόσταση μεταξύ των ανιχνευτών από τον δρόμο τους. Η δόση που εκπέμπουν ανιχνεύεται από ραδιοκύματα όταν η δόση κατευθύνεται προς τη Γη.

Πώς μπορούν να παρατηρηθούν;

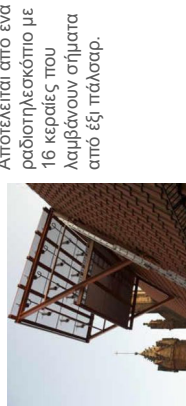
Λαμβάνοντας υπόψη τον αριθμό των δόσεων που εκρήγνυνται ως σουπερνόβα, θα πρέπει να υπάρχουν περίπου ένα δισεκατομμύριο αστέρια νετρονίων στον Γαλαξία μας. Ωστόσο, οι αστρονόμοι παρατηρούν άμεσα μόνο περίπου 3000 από αυτά στον Γαλαξία μας. Στους περισσότερους αστέρες νετρονίων μια δόση ραδιοεκπομπής δημιουργείται από το μαγνητικό πεδίο στους πόλους τους. Αυτό το μαγνητικό πεδίο είναι ισχυρό - 10¹⁵ φορές ισχυρότερο από το μαγνητικό πεδίο της Γης. Καθώς ο αστέρας νετρονίων περιστρέφεται, ένα ραδιοκύμα μπορεί να ανιχνευθεί όταν η δόση κατευθύνεται προς εμάς, μισομόνητη παλμούς.

Λίγο μετά την ανακάλυψή τους, οι ιδιότητες αυτών των ανιχνεύσεων (που ονομάστηκαν πλάσας) εξηγήθηκαν από αυτό το φαινόμενο του φάου. Μόνο οι αστέρες νετρονίων - τότε απλώς μια θεωρητική έννοια - είχαν ιδιότητες που μπορούσαν να εξηγήσουν τις παρατηρήσεις.

Τι υπάρχουν μέσα σε ένα αστέρι νετρονίων;

Η εσωτερική δομή ενός αστέρα νετρονίων είναι πολυεπίπεδη όπως ένα κρεπίτιδι. Ο στερνός φλοιός περιέχει μόνο το 1% της μάζας του άστρου, ενώ περίπου το 99% της μάζας περιέχεται στον υγρό πυρήνα και στον πολύ μυστηριώδη εσωτερικό πυρήνα. Η πυκνότητα αυξάνεται με το βάθος, από 10 g/cm³ στην αέρια ατμόσφαιρα (με τυπική θερμοκρασία 1-2 εκατομμύρια K) μέχρι πάνω από 100 000 000 000 000 g/cm³ στο κέντρο του, περίπου 4-6 φορές πυκνότερο από τους ατομικούς πυρήνες. Ένα κουταλάκι του γλυκού αστικό αστέρι νετρονίων στη Γη θα ζύγιζε όσο ολόκληρος ο ανθρώπινος πληθυσμός!

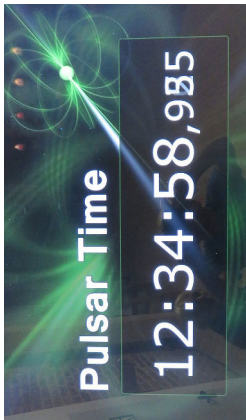
Το εσωτερικό τους δεν είναι μόνο θερμό και πυκνό, αλλά και πολύ μαγνητισμένο. Παρατηρώντας τους μπορούμε να μάθουμε για τα εσωτερικά τους χαρακτηριστικά και να τους χρησιμοποιήσουμε ως ακραία κοσμικά εργαστήρια.



Αποτελείται από ένα ραδιοηλεκσκόπιο με 16 κεραίες που λαμβάνουν σήματα από έξι πύλας.

Αυτό το μοναδικό ρολόι χρησιμοποιεί τους παλμούς των πύλας ως βάση για την τήρηση του χρόνου.

Αυτή είναι η οθόνη του πρώτου παλμικού ρολογιού στον κόσμο, το οποίο εγκαταστάθηκε στο μουσείο Tower Clock στο Γκντανσκ της Πολωνίας το 2011.



Κουίζ

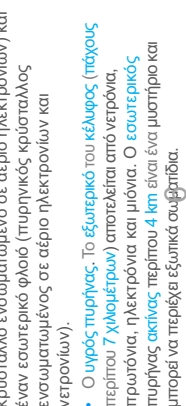
1. Τα αστέρια νετρονίων είναι:
a. καταρρεύσαντες πυρηνές αστέρων μεγάλης μάζας
b. ένα είδος μαύρων σπών
c. υπολείμματα γιγαδίων
2. Ποια είναι η τυπική μάζα ενός αστέρα νετρονίων;
a. μεταξύ 8 και 25 ηλιακών μαζών
b. πάνω από 100 εκατομμύρια ηλιακές μάζες
c. μεταξύ 1 και 3 ηλιακών μαζών
3. Παρατηρούνται αστέρια νετρονίων
a. σε όλα τα ηλεκτρομαγνητικά μήκη κύματος
b. μόνο στις ακτίνες X και στο ορατό φως
c. μόνο σε ακτίνες γάμμα
d. μόνο στο ραδιοφωνικό
4. Η επιφανειακή θερμοκρασία των αστέρων νετρονίων είναι συνήθως
a. μεγαλύτερη από 100 εκατομμύρια βαθμούς
b. μερικά εκατομμύρια βαθμούς
c. παρόμοια με εκείνη του Ηλίου

Απαντήσεις: a c a b

Αστέρια νετρονίων ως ρολογιών

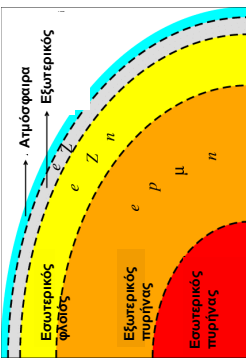
Οι παλμοί από τους αστέρες νετρονίων εμφανίζονται σε ένα ευρύ φάσμα περιόδων: από 1,4 χιλιοστά του δευτερολέπτου έως περίπου 1 λεπτό. Αυτό που προκαλεί έκπληξη είναι η αξιοσημείωτη κανονικότητα αυτών των παλμών: ένα τυπικό ρολόι πύλας επιβραδύνει κατά ένα δευτερόλεπτο κάθε ένα εκατομμύριο χρόνια.

Δεδομένου ότι τα πύλα είναι ρολογια μεγάλης ακρίβειας, καθιστούν δυνατή τη μέτρηση ακόμη και πολύ μικρών αποκλίσεων από την αποδεκτή θεωρία που περιγράφει την κίνηση των αστέρων σε βαρυτικό πεδίο. Αυτό θα δώσει τη δυνατότητα να ελέγξουμε τη θεωρία της βαρύτητας. Αποδεικνύεται ότι η Γενική Θεωρία της Σχετικότητας, που διατυπώθηκε από τον Αϊνστάιν το 1915, περνάει από το τεστ!



Η εικαζόμενη δομή ενός αστέρα νετρονίων 1,4 ηλιακών μαζών, προσαρμοσμένη από τον Jorge Plekhanov. Τα διάφορα συστατικά είναι:

- Η αέρια ατμόσφαιρα (πάχος μερικά εκατοστά).
- Ο στερνός φλοιός (πάχος 10 m).
- Ο στερνός φλοιός (πάχος 10 m).



Το σύμπαν στην ποίτη μου No 31

Αυτό το φυλλάδιο γράφτηκε το 2024 από τους Paweł Haensel, Leszek J. Zdunik από το Αστρονομικό Κέντρο Nicolaus Copernicus (Πολωνία) και Michał Belger από το INFN Ferrara (Ιταλία) και το Αστρονομικό Κέντρο Nicolaus Copernicus (Πολωνία). Το κείμενο αναθεωρήθηκε από τον Stan Kurtz (UNAM, Μέξικο) και την Grazyna Stasińska (Αστρονομικό Κέντρο Πάριου).

Εικόνα εξώφυλλου: Αστέρι νετρονίων. Πηγή: Casey Reed, Penn State University.



Για να μάθετε περισσότερα για τη συλλογή αυτή και τα θέματα που παρουσιάζονται στο βιβλιαράκι, επισκεύου τη διεύθυνση

Μετάφραση: Τζένα Πανοπούλου
TULIP Creative Commons



Τι είναι τα αστέρια νετρονίων;

Ο αστέρας νετρονίων είναι ένα αστρικό κατάλοιπο: ο τέλος ενός αστέρα μεγάλης μάζας, ο οποίος - στην αρχή της ζωής του- είχε μάζα μεγαλύτερη από περίπου 8 ηλιακές μάζες και μικρότερη από 25 ηλιακές μάζες. Στο τέλος της ζωής του, ένα σκαλίδος άστρο εκρήγνυται ως υπερκαινούργιος αστέρας και το υλικό που απομείνει στη συνέχεια καταρρέει λόγω της απώλειας παραγωγής ενέργειας. Ως αποτέλεσμα, ο πυρήνας του άστρου συμπιέζεται σε πυκνότητες μεγαλύτερες από αυτές των ατομικών πυρήνων. Οι αστέρια νετρονίων είναι τα δεύτερα πιο πυκνά αντικείμενα που είναι σήμερα γνωστά στην επιστήμη. Η πυκνότητά τους (ο λόγος μάζας προς όγκο) είναι περίπου 10 χιλιάδες φορές μεγαλύτερη από τη μάζα ενός πυρήνα. Οι αστέρια νετρονίων έχουν ακτίνα περίπου 1 και 2 ηλιακών μαζών. Για σύγκριση, μια μούρη τρύφα 1 ηλιακής μάζας έχει ακτίνα περίπου 3 km. Ήταν μόνο μια θεωρητική ιδέα μέχρι την ανακάλυψή τους το 1967.

