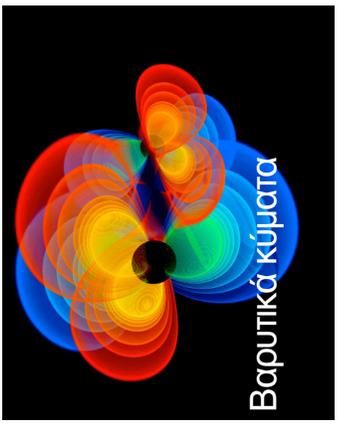
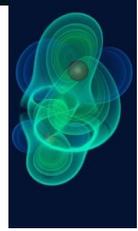
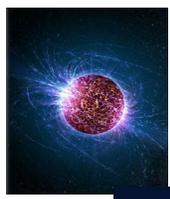


Laura Bernard και
Alexandre Le Tiec
Αστεροσκοπείο Παρίσιων



Το Σύστημαν στην τσέπη σου!

Απεικόνισεις στο
ορατό φάσμα



Ποια από αυτά τα αντικείμενα δεν εκπέμπουν βαρυτικά κύματα;



Quiz

13

Αstronomerη πολυαγγλάνανάλυσηαπόφωτογράφισηγια πρώτη φορά το 2017 παρατηρήθηκε για πρώτη φορά η συνάρτηση των αστέρων νετρονίων. Σχεδόν ταυτόχρονα, το **LIGO** και το **VIRGO** ανακοίνωσαν την ανακάλυψη των βαρυτικών κυμάτων. Το **LIGO** και το **VIRGO** είναι οι μεγαλύτεροι βαρυτικοί ανιχνευτές που κατασκευάστηκαν ποτέ. Το **LIGO** αποτελείται από δύο ανιχνευτές που βρίσκονται στην Αριζόνα και στην Λωυζιάνη. Το **VIRGO** βρίσκεται στην Γαλλία. Το **LIGO** και το **VIRGO** είναι οι μεγαλύτεροι βαρυτικοί ανιχνευτές που κατασκευάστηκαν ποτέ. Το **LIGO** αποτελείται από δύο ανιχνευτές που βρίσκονται στην Αριζόνα και στην Λωυζιάνη. Το **VIRGO** βρίσκεται στην Γαλλία. Το **LIGO** και το **VIRGO** είναι οι μεγαλύτεροι βαρυτικοί ανιχνευτές που κατασκευάστηκαν ποτέ.

Καλλιτεχνική άποψη ενός υπερκαινοφανή τύπου Ia (πηγή: ESO).



Καλλιτεχνική άποψη ενός απομονωμένου αστέρα νετρονίων (πηγή: NASA).



[Πηγή: ESO] Λευκός νάνος από καλσιόβιο ζεύγος

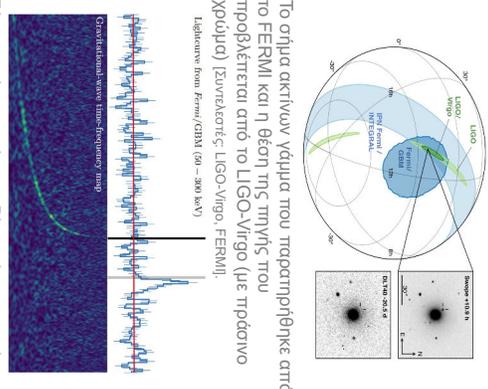


[Πηγή: R. Hurst-Callech-η] Αναπαράσταση ενός ζεύγους αστέρων νετρονίων

Τοπικές πηγές

- Οι κύριες πηγές των βαρυτικών κυμάτων είναι μεγάλης μάζας συμπαγείς αστέρες (βλέπε TUIMP No 9), όπως οι μάζρες πρώτες, οι αστέρες νετρονίων και οι λευκοί νάνοι, είτε μεμονωμένοι είτε σε ζεύγη. Μπορούν να διακριθούν οι ακόλουθες τοπικές πηγές:
 - **Ζεύγη συμπαγών αντικειμένων**, όπως συγχωνευόμενες μάζρες πρώτες ή αστέρες νετρονίων (εντός ή εκτός του Γαλαξία μας)
 - **Διπλά αστέρια λευκών νάνων** στο Γαλαξία μας,
 - **Απομονωμένοι**, ελαφρώς ασύμμετροι, περιστρεφόμενοι **αστέρες νετρονίων** στη γαλαξιακή γειτονιά,
 - **Εκρηξεις αστέρων μεγάλης μάζας** (συμπεριλαμβανομένου του γαλαξία μας, που οδηγούν στο σχηματισμό αστέρων νετρονίων ή μάζερων πρώτων).

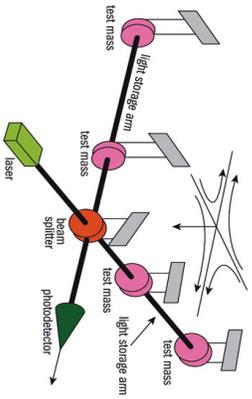
12



Σήματα από τη συγχώνευση δύο αστέρων νετρονίων: πλάνα, ακτίνες γάμμα-κάτα, αόριστη της συσχέτισης του βαρυτικού κύματος [Συντελεστές LIGO-Virgo, Fermilab]

Ανιχνευτές ρεύματος

Οι υπέρχρονες ανιχνευτές βαρυτικών κυμάτων βασίζονται στην αρχή της **οπτικής συμβολομετρίας**: μετρούν μικροσκοπικές μεταβολές του μήκους με την υπέρθεση του φωτός λέιζερ στον εαυτό του. Αποστέλλονται από δύο κάθετους βραχίονες, μήκους περίπου ενός χιλιόμετρου ο καθένας, μέσω των οποίων ταξιδεύει το φως. Όταν ένα βαρυτικό κύμα περνάει από μέσα τους, η διαφορά μήκους μεταξύ των δύο βραχίωνων μεταβάλλεται ελαφρώς. Η διακυμάνση αυτή είναι της τάξης του ενός χιλιοστού του μεγέθους ενός ατομικού πυρήνα, ή 0,00000000000000000001 μέτρα. Τέσσερις ανιχνευτές βρίσκονται σε λειτουργία: •τα δύο όργανα **LIGO** στις Ηνωμένες Πολιτείες (στο Λίβινγκστον και στο Χάνοβερ), •το γαλλικό παρατηρητήριο **Virgo**, κοντά στην Πίζα της Ιταλίας, •ο ανιχνευτής **KAGRA** στην Ιαπωνία.



Διάγραμμα λειτουργίας ενός ανιχνευτή βαρυτικών κυμάτων.



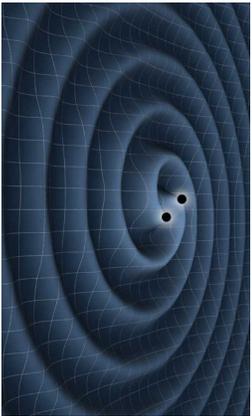
Ο ανιχνευτής Virgo στην Cascina, κοντά στην Πίζα (Ιταλία).

8

9

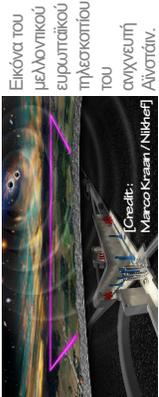
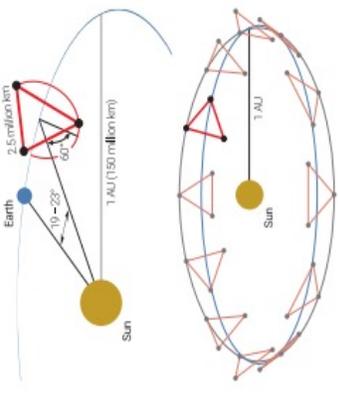
5

Μια καθυστερημένη απεικόνιση δύο μαύρων τρυπών που περιφέρονται η μία γύρω από την άλλη υπό την επίδραση της αμοιβαίας βαρυτικής τους έλξης. Η τροχιακή τους κίνηση παράγει βαρυτικά κύματα.



[Πηγή: NASA]

Οι μελλοντικές διαστημικές ανιχνευτές LISA. Οι τρεις δορυφόροι σε τριγωνική διάταξη ακολουθούν την τροχιά της Γης.



Εικόνα του μελλοντικού μελλοντικού τηλεσκοπίου του LISA.

Ο Ευρωπαϊκός Οργανισμός Διαστήματος αναπτύσσει το LISA, ένα διαστημικό ανιχνευτή βαρυτικών κυμάτων, για να ανακαλύψει τις επιπτώσεις διασποράς, όπως ο σχηματισμός δορυφόρων από αλληλεπίδραση των πλανητών, όπως η Γη.

Ο Ευρωπαϊκός Οργανισμός Διαστήματος αναπτύσσει το LISA, ένα διαστημικό ανιχνευτή βαρυτικών κυμάτων, για να ανακαλύψει τις επιπτώσεις διασποράς, όπως ο σχηματισμός δορυφόρων από αλληλεπίδραση των πλανητών, όπως η Γη.

Μελλοντική ανιχνευτής βαρυτικών κυμάτων για το μέλλον η Ευρωπαϊκή Ένωση σχεδιάζει το LISA, ο πρώτος διαστημικός ανιχνευτής βαρυτικών κυμάτων, για να ανακαλύψει τις επιπτώσεις διασποράς, όπως ο σχηματισμός δορυφόρων από αλληλεπίδραση των πλανητών, όπως η Γη.

Το Σήμερα στην ποίτη μου Ap 18

Αυτό το μίνι-βιβλίο γράφτηκε από τους Laura Bernard και Alexandre Le Tiec από το Αστεροσκοπείο του Γαλαξίου (Γαλκί), Coprhitz/Albert Einstein Institute.

Εικόνα: εξωφύλλου. Αριθμητική προσομοίωση ενός ζεύγους μαθρών σπών και σπικκοποίηση των βαρυτικών κυμάτων που δημιουργούνται κατά τη συγχώνευση τους [Πηγή: Michael Koppitz/Albert Einstein Institute].

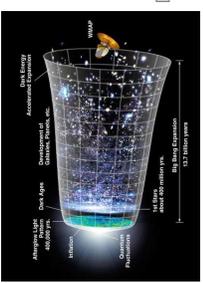


Για να μάθετε περισσότερα για τη συλλογή αυτή και τα θέματα που παρουσιάζονται σε αυτό το μίνι βιβλίο, επισκεφθείτε τη διεύθυνση <http://www.lisaproj.org>

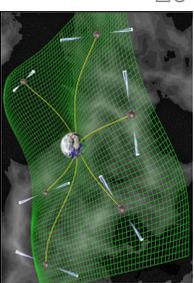
Μεταφραση: Τζένη Γουαντσόου ΤΙΜΠ Creative Commons



Τι είναι αυτά; Τα βαρυτικά κύματα είναι μικρές δονήσεις στη δομή του χωροχρόνου που διαδίδονται με την ταχύτητα του φωτός. Είναι εγκάρσια κύματα, που σημαίνει ότι η μετατόπιση στο χώρο/χρόνο είναι κάθετη στη διεύθυνση διάδοσής.



[Πηγή: D. J. Champion]



Είχαν προβλεφθεί από τη γενική σχετικότητα, τη θεωρία της βαρύτητας που διατύπωσε ο Άλμπερτ Αϊνστάιν το 1915. Η πρώτη έμμεση απόδειξη της ύπαρξής τους ήταν η παρατήρηση από τους Hulse και Taylor το 1974 της επίδρασής τους στην τροχιακή περίοδο ενός ζεύγους αστέρων νετρονίων. Η πρώτη απευθείας ανίχνευση ενός βαρυτικού κύματος πραγματοποιήθηκε το 2015 με τη χρήση των ανιχνευτών LIGO. Αυτό το βαρυτικό κύμα προήλθε από τη συνένωση δύο μαύρων τρυπών πενήντα χιλιάδων χιλιάδων η κάθεμία.