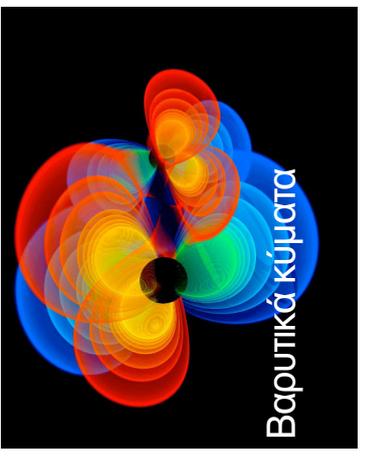


Laura Bernard και
Alexandre Le Tiec
Αστεροσκοπείο Παρισιών



Βαρυτικά κύματα

Το Σμήπαν στην τσέπη σου!

Αναπήσεις στο
ασαρόφυλλο



Ποια από αυτά τα
αντικείμενα δεν
εκπέμπουν βαρυτικά
κύματα;



Quiz



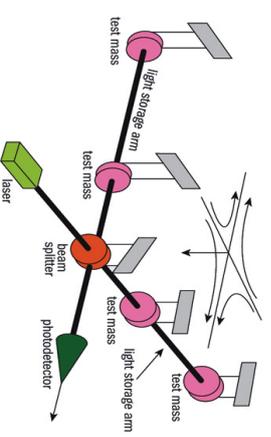
Αστρονομία για όλους! Αγγλικά για όλους!

Τον Αύγουστο του 2017 οι αστρονόμοι ανακοίνωσαν την ανακάλυψη των βαρυτικών κυμάτων. Τα βαρυτικά κύματα είναι διαταραχές στο χωροχρόνο που προκύπτουν από την κίνηση μάζας. Τα βαρυτικά κύματα είναι διαταραχές στο χωροχρόνο που προκύπτουν από την κίνηση μάζας. Τα βαρυτικά κύματα είναι διαταραχές στο χωροχρόνο που προκύπτουν από την κίνηση μάζας.

Ο ανιχνευτής LIGO
στο Μίθινγκστον
(Δουζίνα, ΗΠΑ).



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



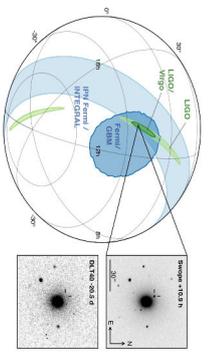
Διάγραμμα λειτουργίας ενός ανιχνευτή βαρυτικών κυμάτων.

Ανιχνευτές ρεύματος

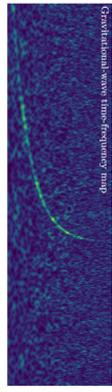
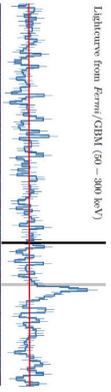
Οι υπάρχοντες ανιχνευτές βαρυτικών κυμάτων βασίζονται στην αρχή της **οπτικής συμβολομετρίας**: μετρούν μικροσκοπικές μεταβολές του μήκους με την υπέρθεση του φωτός. Λέξερ στον εαυτό του.

Αποστέλλονται από δύο κέθρους βραχίονες, μήκους περίπου ενός χιλιόμετρου ο καθένας, μέσω των οποίων τοξίδεται το φως. Όταν ένα βαρυτικό κύμα περνάει από μέσα τους, η διαφορά μήκους μεταξύ των δύο βραχίονων μεταβάλλεται ελαφρώς. Η διακυμαίνηση αυτή είναι της τάξης του ενός χιλιοστού του μεγέθους ενός ατομικού πυρήνα, ή 0,0000000000000001 μέτρα.

Τέσσερις ανιχνευτές βρίσκονται σε λειτουργία: τα δύο όργανα **LIGO** στις Ηνωμένες Πολιτείες (στο Μίθινγκστον και στο Χάνφοντ), το γαλλοϊταλικό παρατηρητήριο **Virgo**, κοντά στην Πίζα της Ιταλίας, ο ανιχνευτής **KAGRA** στην Ιαπωνία.



Το σήμα ακτίνων γάμμα που παρατηρήθηκε από το FERMI και η θέση της πηγής που προβλέπεται από το LIGO-Virgo (με πράσινο χρώμα) [Συντεταγμένες: LIGO-Virgo, FERMI].



Σήματα από τη συγχώνευση δύο αστέρων νετρονίων: πάνω, ακτίνες γάμμα- κύμα, κάτω, σύζευξη της συσχέτισης του βαρυτικού κύματος [Συντεταγμένες: LIGO-Virgo, FERMI]

Καλλιτεχνική απόδοση ενός υπερκαινοφανούς τύπου Ia [Πηγή: ESO].



Καλλιτεχνική απόδοση ενός απομονωμένου αστέρα νετρονίων [Πηγή: NASA].



[Πηγή: ESO] Λι Χάιγλιγγ από καλλιτεχνική απόδοση ζεύγους αστέρων νετρονίων



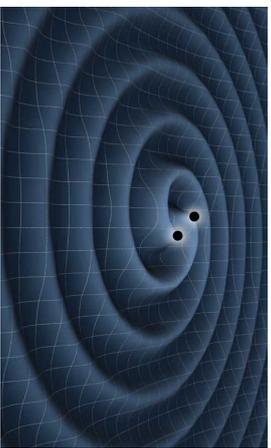
[Πηγή: R. Hurt/Cornell University] Αναπαραστάσεις ενός αστέρα νετρονίων

Τοπικές πηγές

Οι κύριες πηγές των βαρυτικών κυμάτων είναι μεγάλης μάζας συμπταγείς αστέρες (βλέπε TUIMP No 9), όπως οι μάδρες πύριτες, οι αστέρες νετρονίων και οι λευκοί νάνοι, είτε μεμονωμένοι είτε σε ζεύγη. Μπορούν να διακριθούν οι ακόλουθες τοπικές πηγές:

- **Ζεύγη συμπταγών αντικείμενων**, όπως συγχωνεύσιμες μάδρες πύριτες ή αστέρες νετρονίων (εντός ή εκτός του Γαλαξία μας)
- **Διπλά αστέρια λευκών νάνων** στο Γαλαξία μας,
- **Απομονωμένοι**, ελαφρώς ασύμμετροι, περίοιτροφομενοι **αστέρες νετρονίων** στη γαλαξιακή γειτονιά,
- **Εκρήξεις αστέρων μεγάλης μάζας** (σουπερνόβα) στο γαλαξία μας, που οδηγούν στο σχηματισμό αστέρων νετρονίων ή μάδρων πύριτων.

Μια καλλιτεχνική 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]

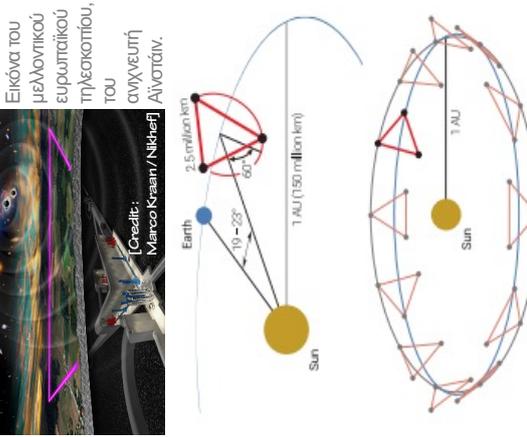
Σύλληψη Στιλχίν

Όταν τα βαρυτικά κύματα φτάνουν από έναν πολύ μακριά αστρικό σύστημα, συνδυάζονται με άλλους που έρχονται από κοντά, και η συνολική ενέργειά τους διακρίνεται με τη βοήθεια ενός **στοχαστικού αστροφυσικού υποβάθρου**. Επιπλέον, διφασματικά φαινόμενα που δημιουργούνται από τη Μεγάλη Έκρηξη (βλέπε TUMIP n°12) θα μπορούσαν να δημιουργήσουν ένα **κοσμολογικό στοχαστικό υπόβαθρο**. Αυτά περιγράφονται:

- **κοσμικές χορδές**, που προκύπτουν από μια ξαφνική αλλαγή της κατάστασης της ενέργειας και του υλικού περιεχομένου του αρχέγονου Σύμπαντος,
- **αρχαίες μαύρες τρύπες**, οι οποίες πιστεύεται ότι σχηματίστηκαν στην αποτέλεσμα μεγάλων διακυμάνσεων στην ενεργειακή πυκνότητα του πρώιμου Σύμπαντος.

• **πληθωρισμός**, μια περίοδος ταχείας κοσμικής διαστολής που έλαβε χώρα ένα κλάσμα του δευτερολέπτου μετά τη Μεγάλη Έκρηξη.

Ο μελλοντικός διαστημικός ανιχνευτής LISA. Οι τρεις δορυφόροι σε τριγωνική διάταξη ακολουθούν την τροχιά της Γης.



Εικόνα του μελλοντικού ευρωπαϊκού δορυφορικού τηλεσκοπίου του ανιχνευτή Λίντσταν.

Απόδειξη



Το παλαιότερο νεφέλωμα IC 418. Πηγή: HST



Καλλιτεχνική αποτύπωση ενός σουπερνόβα

Όλα αυτά τα αντικείμενα είναι (ή υπήρξαν) πηγές βαρυτικών κυμάτων, με εξαίρεση το παλαιότερο νεφέλωμα.



Το νεφέλωμα του Κάβουρα, ένα ατμοσφαιρικό υπερκαινιστικό νεφέλωμα. Πηγή: HST

Αναπαράσταση ενός δυαδικού συστήματος μελανών οπών

ΜΠ για τη Βαρύτητα Φυσική / Κοινωνικό Γεωμετρικός Φυσικός / Θεωρητική Ακουστική Ζίσσε



Καλλιτεχνική απόδειξη ενός αστέρα νετρονίων

Η απόδειξη από τη Γη των βαρυτικών κυμάτων είναι η καλύτερη απόδειξη που έχουμε για την ύπαρξη των βαρυτικών κυμάτων. Η απόδειξη αυτή βασίζεται στην ανίχνευση των βαρυτικών κυμάτων που δημιουργούνται κατά τη σύγκρουση των πλανητών Michael Kopripitz/Albert Einstein Institute.

Μεταφορά: Τζόνι Γουόρντ/ΤUMIP Creative Commons

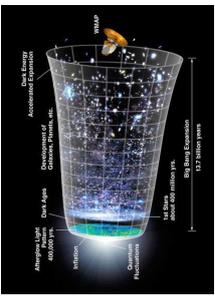


Για να μάθετε περισσότερα για τη συλλογή αυτή και τα θέματα που προσαρμόζονται σε αυτό το μίνι βιβλίο, επισκεφθείτε τη διεύθυνση <http://www.tumip.org>.

Μεταφορά: Τζόνι Γουόρντ/ΤUMIP Creative Commons



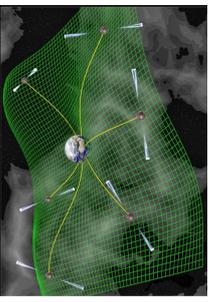
Αναπαράσταση του Σμήματος των πλανητών που περιόρισε τη Λορδωρόδωρο στην περιοχή της Γης.



[Πηγή: NASA]

Στην κεντρική εικόνα, ο δορυφόρος Cassini είναι σε τροχιά γύρω από τον Δία, ο οποίος είναι ο μεγαλύτερος πλανήτης του ηλιακού συστήματος. Ο δορυφόρος Cassini είναι ο μεγαλύτερος δορυφόρος του Δία.

[Πηγή: D. J. Champion]



Τι είναι αυτό;

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 χωροχρόνο είναι κάθετη στη διεύθυνση διάδοσης.

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 περίπου τριάντα ηλιακών μαζών η καθέμία.