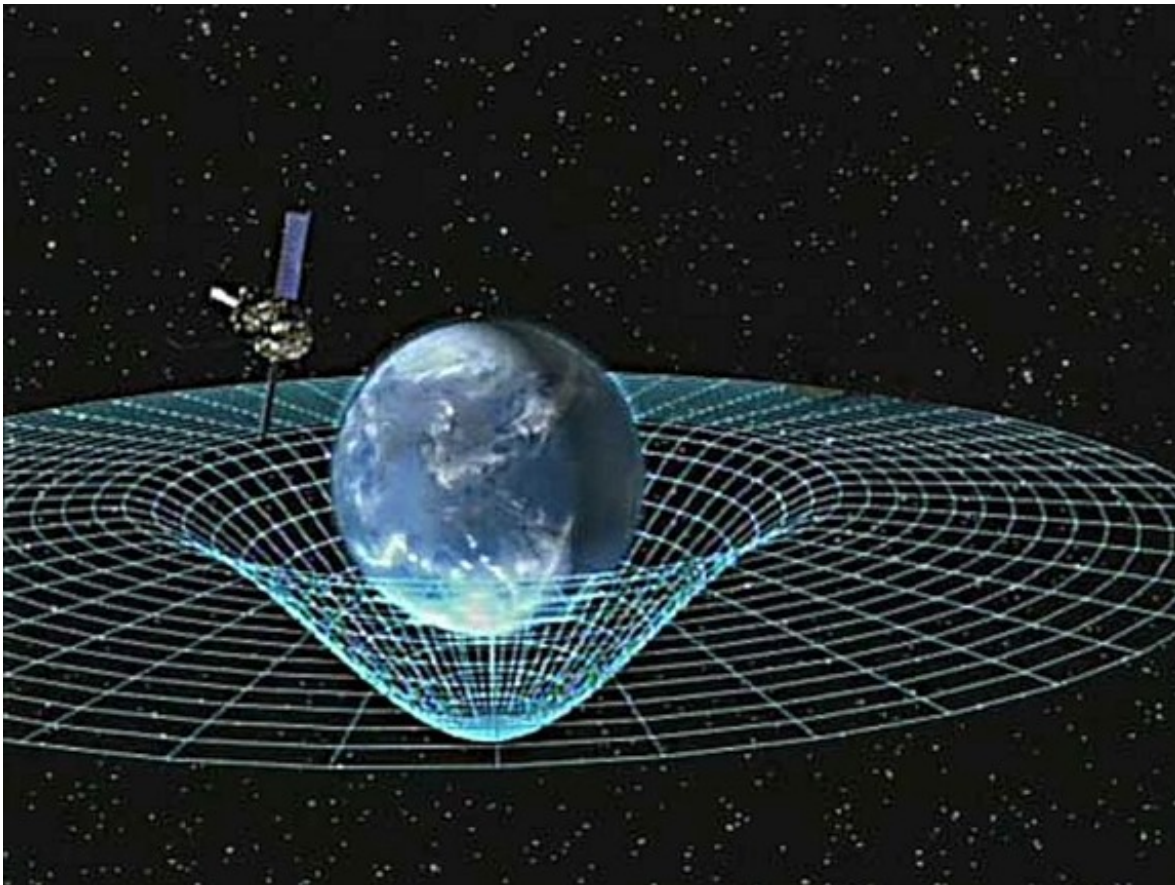


Related posts:

physics4u.gr/blog/%ce%b2%ce%b1%cf%81%cf%85%cf%84%ce%b9%ce%ba%ce%ac-%ce%ba%cf%8d%ce%bc%ce%b1%cf%84%ce%b1-%ce%ba%ce%b1%ce%b9-%ce%b7-%ce%b5%cf%80%ce%b1%ce%bd%ce%b1%cf%83%cf%84%ce%b1%cf%84%ce%b9%ce%ba%ce%ae-%ce%b1%ce%bd/

admin

Η βαρύτητα είναι η ασθενέστερη από τις βασικές δυνάμεις που υπάρχουν στη φύση. Παρόλα αυτά κυριαρχεί στο Σύμπαν και είναι υπεύθυνη για την παρούσα μορφή του, αλλά και για τη μελλοντική του εξέλιξη. Οι ηλεκτρομαγνητικές δυνάμεις είναι απείρως ισχυρότερες, αλλά η ύπαρξη θετικών και αρνητικών φορτίων έχει ως αποτέλεσμα την αλληλοεξουδετέρωσή τους κι έτσι το Σύμπαν σε μεγάλη κλίμακα είναι ηλεκτρικά ουδέτερο.



Αν φανταστούμε το χωρόχρονο σαν ένα επίπεδο δίκτυο, τότε κάθε σώμα που τοποθετούμε σ' αυτό προκαλεί μια τοπική καμπύλωση. Η καμπυλότητα αυτή σύμφωνα με τον Αϊνστάιν αποτελεί έκφραση της ύπαρξης του βαρυτικού πεδίου. Μεγαλύτερες συγκεντρώσεις μάζας δημιουργούν εντονότερες καμπυλώσεις. Οποιαδήποτε μεταβολή του βαρυτικού πεδίου, για παράδειγμα ένα δεύτερο σώμα, που περιφέρεται περί το κεντρικό, θα δημιουργεί μεταβολές

στην καμπυλότητα του δικτυού (χωρόχρονο) που θα διαδίδεται με τη μορφή βαρυτικών κυμάτων.

Κάθε σώμα δημιουργεί γύρω του ένα ελκτικό βαρυτικό πεδίο και με βάση τη Γενική Θεωρία της Σχετικότητας καμπυλώνει το χωρόχρονο που τον περιβάλλει. Η Θεωρία της Σχετικότητας πρεσβεύει ότι ο χώρος και ο χρόνος είναι άρρηκτα συνδεδεμένοι κι έτσι ο τρισδιάστατος χώρος που αντιλαμβανόμαστε στην καθημερινή μας πρακτική αντικαθίσταται από τον ενιαίο τετραδιάστατο χωρόχρονο.

Τα βαρυτικά κύματα, με βάση την αρχική πρόταση του Αϊνστάιν, που πρωτοδιατυπώθηκε το 1915, είναι «κυματισμοί» του βαρυτικού πεδίου ή, ακόμη καλύτερα, του χωρόχρονου και κινούνται με την ταχύτητα του φωτός.

Πρακτικά, τα βαρυτικά κύματα τεντώνουν τον χώρο σε μια διάσταση (ας πούμε κατά μήκος) και τον συμπιέζουν σε μια άλλη (ας πούμε κατά πλάτος), μεταβάλλοντας ανεπαίσθητα τις διαστάσεις των αντικειμένων που συναντούν την πορεία τους.

Το πρόβλημα είναι ότι δεν μπορεί να μετρήσει κανείς αυτή τη μεταβολή με έναν απλό χάρακα –ο ίδιος ο χάρακας θα μάκρυνε ή θα γινόταν κοντύτερος μαζί με το αντικείμενο που θα έπρεπε να μετρήσει.

Τη λύση έδωσαν οι ανιχνευτές LIGO, οι οποίοι άρχισαν να συλλέγουν δεδομένα το 2001 και **αναβαθμίστηκαν** πέρυσι, λίγο πριν καταγράψουν το πολυπόθητο σήμα.

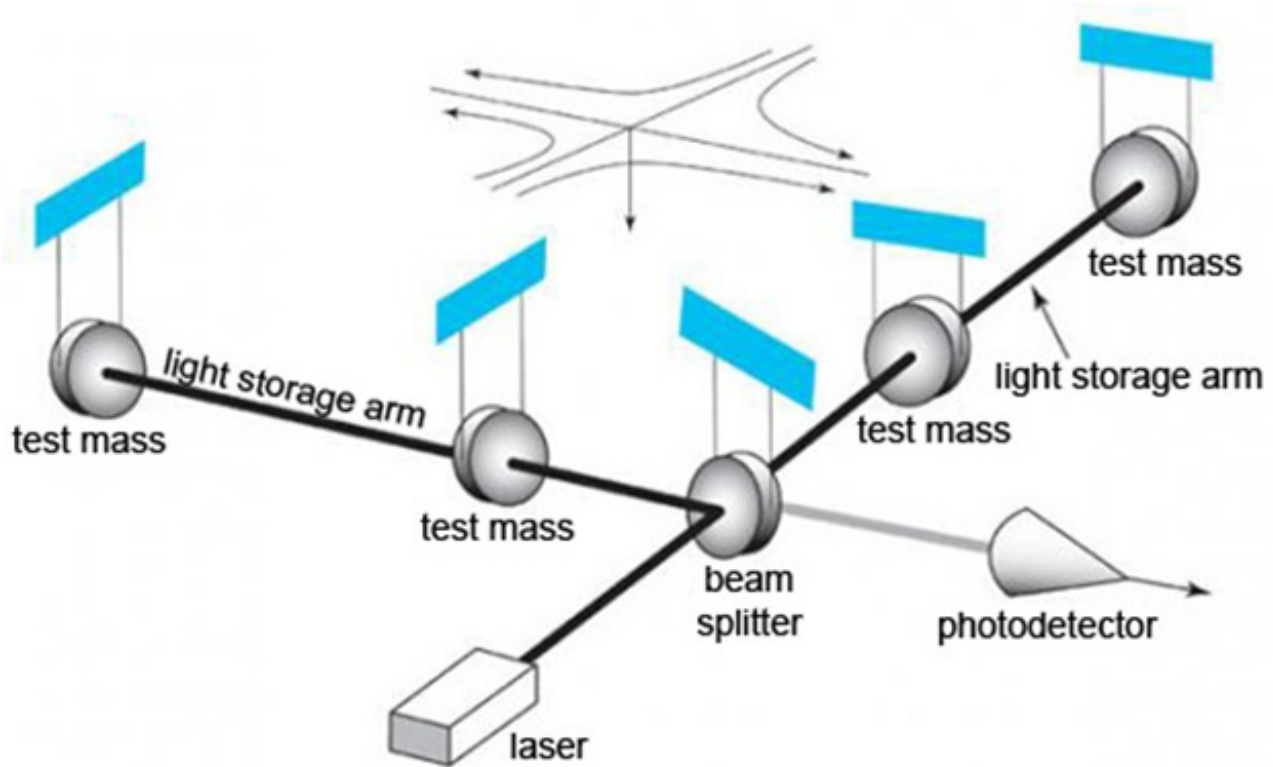
Προσμοίωση των βαρυτικών κυμάτων που παρήγαγαν οι μαύρες τρύπες

Τον περασμένο Σεπτέμβριο οι δύο ανιχνευτές LIGO αναβαθμίστηκαν σε νέα επίπεδα ακρίβειας και ευαισθησίας αναπτρώνοντας τις ελπίδες των φυσικών για την ανίχνευση του θεωρητικού φαινομένου, έπειτα από μια δεκαετία άκαρπης αναζήτησης με τους αρχικούς ανιχνευτές.

Η αναβάθμιση των συστημάτων με ισχυρότερα λέιζερ και νέα οπτικά επιτρέπει θεωρητικά την ανίχνευση βαρυτικών κυμάτων από απόσταση περίπου 88 εκατομμυρίων ετών φωτός. Τελικός στόχος είναι η αύξηση αυτής της απόστασης στα 650 εκατομμύρια έτη φωτός -αυτό σημαίνει ότι οι ανιχνευτές θα μπορούν να σαρώνουν μια σφαίρα στο Διάστημα 1.000 φορές μεγαλύτερη από ό,τι η αρχική μορφή των συστημάτων.

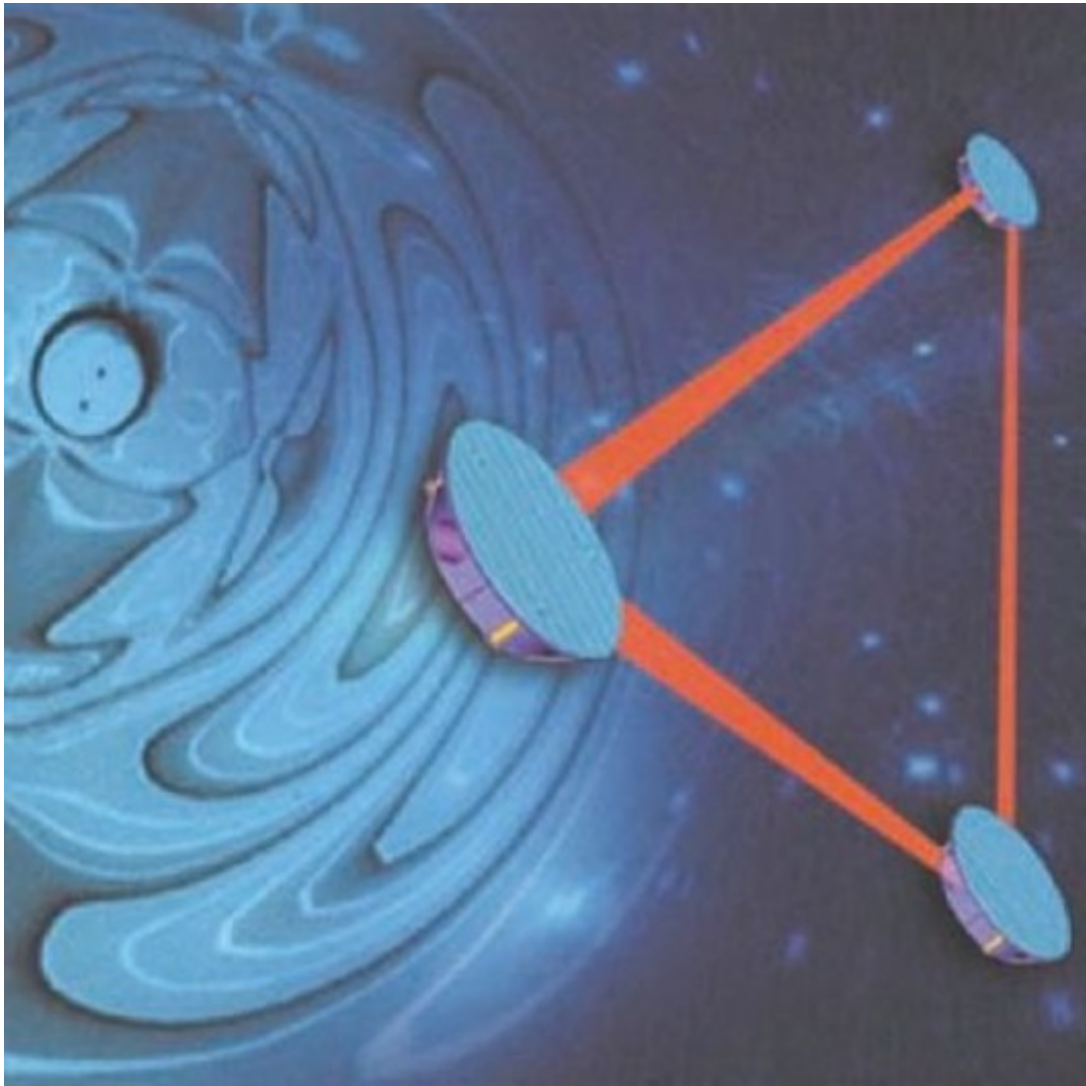
Στην κλασική θεωρία του Νεύτωνα για τη βαρύτητα, κάθε μεταβολή του βαρυτικού πεδίου θα γινόταν αισθητή αυτόματα σε κάθε σημείο του Σύμπαντος, ενώ, με βάση τη Θεωρία της Σχετικότητας, η πληροφορία για την αλλαγή του βαρυτικού πεδίου διαδίδεται στο χώρο με πεπερασμένη ταχύτητα, την ταχύτητα του φωτός. Η αλλαγή του βαρυτικού πεδίου γίνεται αισθητή από τα διάφορα σώματα με τη μορφή παλιρροιογόνων δυνάμεων.

Οι παλιρροιογόνες δυνάμεις έχουν την τάση να παραμορφώνουν τα σώματα (ας θυμηθούμε τις παλίρροιες στη Γη λόγω της έλξης της Σελήνης). Επομένως αν θέλουμε να μετρήσουμε τις μεταβολές του βαρυτικού πεδίου, δηλαδή τα βαρυτικά κύματα, θα πρέπει να παρατηρούμε τις μεταβολές της απόστασης δύο αντιδιαμετρικών σημείων του σώματος.



Ας υποθέσουμε πως ένα βαρυτικό κύμα προσκρούει κάθετα σε μια περιοχή της Γης, στην οποία έχουμε τοποθετήσει δύο μακριές ράβδους σε σχήμα «L». Τότε, λόγω της διέλευσης του βαρυτικού κύματος, μεταβάλλεται περιοδικά το μήκος των δύο ράβδων. Όταν το μήκος της μιας ελαττώνεται, της άλλης αυξάνεται και αντιστρόφως, με ρυθμό που προσδιορίζεται από τη συχνότητα του κύματος. Αν φανταστούμε τον εαυτό μας σαν έναν ανιχνευτή βαρυτικών κυμάτων να στέκεται με ανοικτά τα χέρια, τότε ένα διερχόμενο βαρυτικό κύμα θα αλλάζει το ύψος μας περιοδικά, ενώ θα αυξομειώνει και το άνοιγμα των χεριών μας.

Τα λέιζερ ουσιαστικά συγκρίνουν διαρκώς το μήκος των δύο κάθετων σωλήνων και καταγράφουν απειροελάχιστες αποκλίσεις, 10.000 φορές μικρότερες από ένα πρωτόνιο -τόσο μικρές που οι μετρήσεις πρέπει να διακόπτονται κάθε φορά που περνά ένα τρένο σε απόσταση πολλών χιλιομέτρων ή ένα δέντρο πέφτει με γδούπο.



Οι κυμάνσεις που εικονίζονται στο σχήμα αντιστοιχούν στις κυματοειδείς διαταραχές (βαρυτικά κύματα) του χωρόχρονου που δημιουργούν δύο μαύρες τρύπες (κέντρο της εικόνας) που περιφέρονται η μία περί την άλλη. Ο τριγωνικού σχήματος διαστημικός ανιχνευτής βαρυτικών κυμάτων (LISA) θα καταγράφει αυτές τις κυμάνσεις του χωρόχρονου.

Αν μετρηθούμε, θα είμαστε ψηλότεροι ή κοντύτεροι κατά κάποια τρισεκατομμυριοστά του πάχους μια τρίχας του κεφαλιού μας! Σ' αυτήν τη λογική βασίζεται και η κατασκευή των σύγχρονων ανιχνευτών βαρυτικών κυμάτων.

Δύο δέσμες λέιζερ εκπέμπονται από ένα κοινό σημείο και ανακλώνται σε δύο κάτοπτρα τα οποία βρίσκονται 3 με 4 km μακριά. Όταν το φως των δύο δεσμών επιστρέψει πίσω, «προστίθεται» σε ένα φωτοανιχνευτή. Αν οι δύο δέσμες έχουν διανύσει ακριβώς την ίδια απόσταση, τότε η συμβολή τους θα μας δώσει μια δέσμη ισχυρότερη από τις επιμέρους, αντίθετα, αν οι δύο δέσμες έχουν διανύσει διαφορετικές αποστάσεις, η συμβολή τους θα δώσει μια ασθενέστερη δέσμη. Ένα διερχόμενο βαρυτικό κύμα θα μεταβάλλει περιοδικά τις αποστάσεις των δύο κατόπτρων από το κεντρικό σημείο και η συμβολή των δύο δεσμών λέιζερ θα δίνει άλλοτε ισχυρότερο και άλλοτε ασθενέστερο τελικό σήμα. Επομένως η μεταβολή της έντασης του φωτός στο φωτοανιχνευτή αποτελεί ένδειξη της διέλευσης ενός βαρυτικού κύματος.

Στους σύγχρονους ανιχνευτές είναι δυνατόν να μετρηθούν μεταβολές στην απόσταση των κατόπτρων της τάξης του 0,00000000000000000001 cm. Τέτοιου είδους μεταβολές αναμένεται να δημιουργούνται από ισχυρές πηγές βαρυτικών κυμάτων, όπως η έκρηξη ενός υπερκαινοφανούς αστέρα σε απόσταση 50 εκατομμυρίων ετών φωτός από τη Γη (για παράδειγμα στο σμήνος γαλαξιών της Παρθένου). Αν φυσικά η πηγή των βαρυτικών κυμάτων είναι στο Γαλαξία μας, τότε, επειδή η πιθανή απόσταση από τη Γη θα είναι 1000 τουλάχιστον φορές μικρότερη, το σήμα που θα

λάβουμε θα είναι 1000 φορές ισχυρότερο.



Το αμερικανικό LIGO περιλαμβάνει δύο ανιχνευτές, που ο ένας βρίσκεται στο Χάνφορντ της πολιτείας Ουάσιγκτον και ο δεύτερος στη Λουιζιάνα· οι ανιχνευτές αυτοί έχουν βραχίονες μήκους 4 km. Η ευαισθησία ενός ανιχνευτή είναι ανάλογη του μήκους των βραχιόνων του και των εξωγενών θορύβων του περιβάλλοντος.

Με βάση τα παραπάνω, δημιουργείται η εντύπωση ότι η ενέργεια που μεταφέρεται από τα βαρυτικά κύματα είναι μικρή. Εν τούτοις, η ροή ενέργειας με τη μορφή βαρυτικών κυμάτων από τον υπερκαινοφανή που προαναφέραμε, θα είναι 10.000 φορές περισσότερη από όση μας δίνει το λαμπρότερο αστέρι του νυχτερινού ουρανού. Αν μπορούσαμε να μετατρέψουμε την ενέργεια των βαρυτικών κυμάτων του παραδείγματός μας σε ηλεκτρομαγνητική ενέργεια, θα παρατηρούσαμε ένα σώμα στον ουρανό που θα ήταν λαμπρότερο από την πανσέληνο, αν και θα βρισκόταν σε απόσταση ένα δισεκατομμύριο δισεκατομμύρια φορές μακρύτερα απ' ό,τι η Σελήνη. Η δυσκολία στην ανίχνευση των βαρυτικών κυμάτων οφείλεται στην υψηλή τους διαπερατότητα, διότι, για παράδειγμα, διαπερνούν τη Γη χωρίς να χάσουν σημαντικό ποσοστό της ενέργειάς τους (σχεδόν τίποτα).

Αντίθετα, τα ηλεκτρομαγνητικά κύματα (π.χ. το φως) απορροφώνται από την ύλη, για παράδειγμα από το μάτι μας, κι έτσι τα μακρινά αντικείμενα γίνονται ορατά, ακόμη κι αν εκπεμπόμενη ροή ενέργειας είναι πάρα πολύ μικρή. Αυτό όμως που ακούγεται ως μειονέκτημα των βαρυτικών κυμάτων έχει και συγκεκριμένες πρακτικές ωφέλειες. Τα βαρυτικά κύματα ταξιδεύουν στο χώρο διά μέσου αστέρων, γαλαξιών ή νεφών ύλης ουσιαστικά ανεμπόδιστα. Επομένως, αν εμείς μπορέσουμε να καταγράψουμε τα ίχνη της διέλευσής τους, θα παρατηρούμε περιοχές του Σύμπαντος στις οποίες δημιουργήθηκαν που αλλιώς θα ήταν αόρατες, αν τις παρατηρούσαμε με τις κλασικές μεθόδους της αστρονομίας, παραδείγματος χάριν με οπτικά τηλεσκόπια, ραδιοτηλεσκόπια ή με τηλεσκόπια ακτίνων Χ.

Αρκεί όμως αυτό για να μιλήσουμε για χρησιμότητα των βαρυτικών κυμάτων; Οι επιστήμονες θέλουν να ερευνούν το άγνωστο και η ίδια η ανίχνευση των βαρυτικών κυμάτων αποτελεί για την επιστήμη και την τεχνολογία μεγάλη πρόκληση. Όμως, οι κυβερνήσεις των προηγμένων επιστημονικά χωρών, προκειμένου να χρηματοδοτήσουν ερευνητικά προγράμματα, απαιτούν χειροπιαστά και προβλέψιμα αποτελέσματα. Για παράδειγμα, στο χώρο της αστρονομίας τέτοια αποτελέσματα είναι η εύρεση νέων ουράνιων σωμάτων, η μελέτη των διαφόρων εξελικτικών σταδίων των αστέρων και των γαλαξιών και, τέλος, η συνεισφορά στην κατανόηση της δημιουργίας του Σύμπαντος. Η ανίχνευση των βαρυτικών κυμάτων, πρόκειται να μας παράσχει πληροφορίες για όλα τα παραπάνω και ίσως μας επιφυλάσσει και εκπλήξεις.

Πηγές βαρυτικών κυμάτων

Σήμερα πιστεύουμε πως μια από τις πλέον ισχυρές πηγές βαρυτικών κυμάτων είναι τα ζεύγη αστέρων νετρονίων (ένα κουταλάκι ύλης αυτών των αστέρων ζυγίζει περί το ένα δισεκατομμύριο τόνους!) ή τα ζεύγη μαύρων τρυπών (σκοτεινά σώματα με ισχυρότατο βαρυτικό πεδίο που δεν επιτρέπει ούτε στο φως να ξεφύγει). Καθώς τα δύο σώματα περιφέρονται το ένα γύρω από το άλλο (όπως η Γη γύρω από τον Ήλιο), το βαρυτικό τους πεδίο αλλάζει και δημιουργούνται βαρυτικά κύματα που, καθώς απομακρύνονται, αφαιρούν κινητική ενέργεια από το ζεύγος.

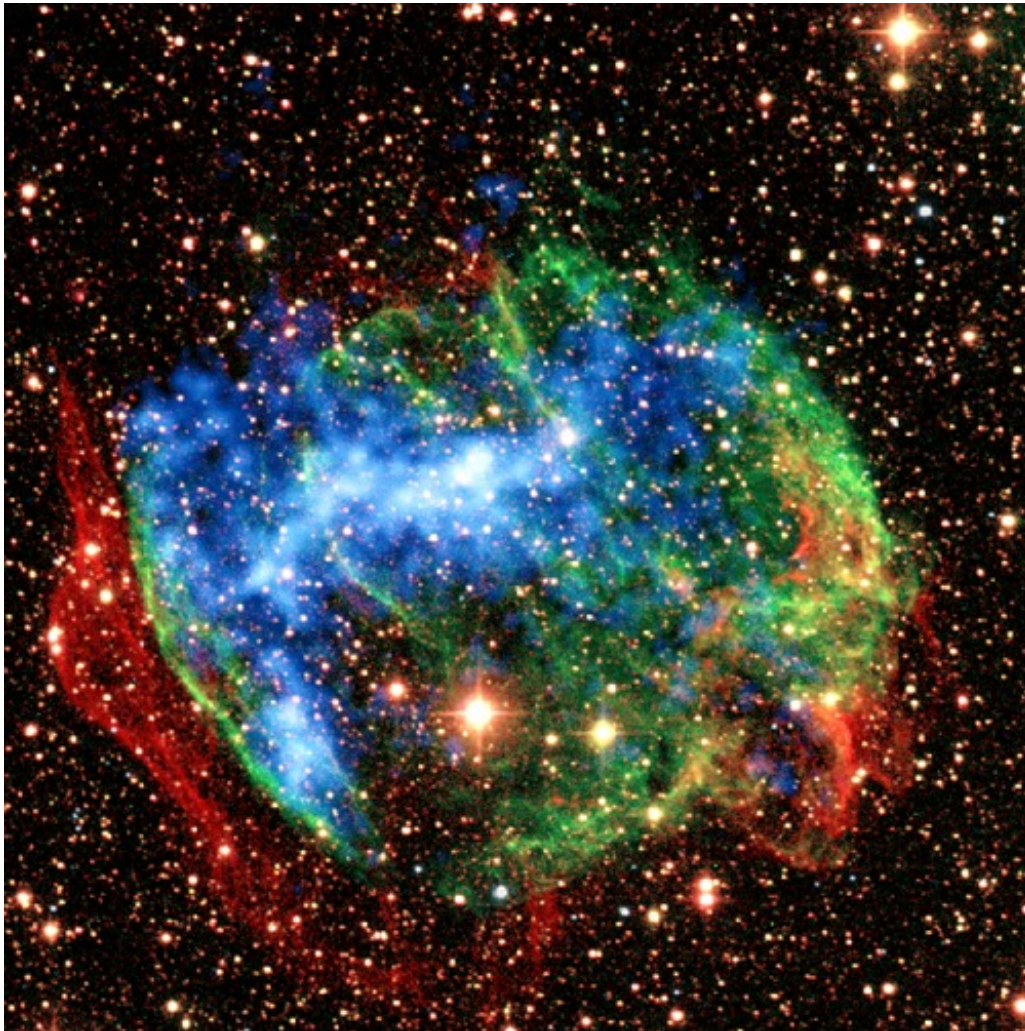
Το αποτέλεσμα είναι τα δύο σώματα να πλησιάζουν συνεχώς και μάλιστα, με επιταχυνόμενο ρυθμό. Αυτό αποτελεί πρόβλεψη της θεωρίας κι έχει επιβεβαιωθεί παρατηρησιακά από τους Αμερικανούς επιστήμονες Hulse και Taylor το 1974 (για την ανακάλυψή τους αυτή τους απονεμήθηκε το βραβείο Nobel Φυσικής το 1993).

Στα τελευταία στάδια της εξέλιξης του ζεύγους τα δύο αστρικά σώματα θα περιφέρονται το ένα περί το άλλο με εξωφρενικά μεγάλες ταχύτητες. Για παράδειγμα δύο αστέρια νετρονίων με μάζα όσο ο Ήλιός μας και ακτίνες μόνο 10 km (ο Ήλιος έχει ακτίνα 700.000 km), θα περιφέρονται το ένα περί το άλλο 500 φορές το δευτερόλεπτο. Όπως καταλαβαίνουμε, το βαρυτικό πεδίο θα είναι ισχυρότατο, η μεταβολή του τρομακτική και η εκπεμπόμενη ενέργεια σε βαρυτικά κύματα θα είναι ισοδύναμη με την ενέργεια που θα εκπέμψει ο Ήλιός μας συνολικά στα δισεκατομμύρια χρόνια της ζωής του. Προσοχή όμως, αυτό το τρομακτικό ποσό ενέργειας θα εκπεμφθεί σε ένα χρονικό διάστημα 10-15 λεπτών!

Τέτοια βαρυτικά κύματα αναμένεται να ανιχνεύονται από πηγές που βρίσκονται μέχρι και 100 τρισεκατομμύρια τρισεκατομμυρίων χιλιόμετρα μακριά ή, καλύτερα, αφού ταξιδέψουν για ένα δισεκατομμύριο χρόνια (για σύγκριση αναφέρουμε πως, αν προερχόταν από τον Ήλιο, το ταξίδι τους θα διαρκούσε μόνο 8 λεπτά). Αν μάλιστα το ζεύγος μας αποτελείται από δύο υπερμεγέθεις μαύρες τρύπες (με μάζες μερικά εκατομμύρια φορές τη μάζα του Ηλίου μας), από αυτές που ελλοχεύουν στα κέντρα των γαλαξιών, τότε θα μπορούμε να ανιχνεύουμε βαρυτικά κύματα από πηγές που βρίσκονται στα όρια του Σύμπαντος! Πρέπει να επισημάνουμε εδώ ότι τα διπλά συστήματα αστέρων νετρονίων και οι μαύρες τρύπες αποτελούνται από θερμικώς νεκρά σώματα και επομένως, έχουν συνήθως ελάχιστη εκπομπή ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας, οπότε πρακτικά είναι αδύνατον να τα ανιχνεύσουμε με άλλο τρόπο.

Ο πλέον εντυπωσιακός τρόπος «συνταξιοδότησης» ενός αστεριού είναι το πέρασμά του από το στάδιο του υπερκαινοφανούς. Τα ιδιαίτερος υπερμεγέθη αστέρια, αυτά που έχουν μάζα μεγαλύτερη από τον Ήλιό μας, στα τελευταία στάδια της ζωής τους σταματούν την εξέλιξή τους με εντυπωσιακό τρόπο και αδρανοποιούνται εκτινάσσοντας τα εξωτερικά τους στρώματα. Το εσωτερικό τους καταρρέει για να δημιουργήσει ένα υπερσυμπαγές αστέρα νετρονίων ή μια μαύρη τρύπα.

Στη φάση της έκρηξης, αλλά και στη συνέχεια έως ότου το κεντρικό υπέρπυκνο σώμα ισορροπήσει, το βαρυτικό πεδίο μεταβάλλεται εντονότατα και τεράστια ποσά ενέργειας εκλύονται με τη μορφή βαρυτικών κυμάτων. Το τι ακριβώς συμβαίνει εκεί είναι τεράστιας σημασίας για την κατανόηση της φυσικής της ύλης σε συνθήκες, όπου, σε θερμοκρασίες μερικών εκατοντάδων δισεκατομμυρίων βαθμών και παρουσία ισχυρότατων βαρυτικών πεδίων, εξελίσσεται μια διαδικασία δημιουργίας υπέρπυκνης ύλης από νετρόνια, κουάρκ και άλλα εξωτικά σωματίδια. Η παρατήρηση όμως αυτών των διαδικασιών παρεμποδίζεται από τα εξωτερικά στρώματα της ύλης που έχει εκτινάξει στα αρχικά του στάδια ο υπερκαινοφανής. Πρακτικά, ο πυρήνας του αστέρα είναι αόρατος στην παρατήρηση μέσω ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων. Αντίθετα, είναι ορατός σε παρατηρήσεις βασισμένες στη βαρυτική ακτινοβολία. Το νέφος ύλης που εκτινάχθηκε επιτρέπει την ανεμπόδιστη διέλευση των βαρυτικών κυμάτων. Δύο-τρία χρόνια μετά τη λειτουργία των πρώτων ανιχνευτών, οι επιστήμονες αναμένεται να συλλέξουν δεδομένα για μερικές δεκάδες υπερκαινοφανείς.



Το κατάλοιπο της έκρηξης ενός υπερκαινοφανούς (supernova) που παρατηρήθηκε από τον Γερμανό αστρονόμο Γιοχάνες Κέπλερ το 1604. Βαρυτικά κύματα, που εκπέμπονται κατά την έκρηξη τέτοιων υπερκαινοφανών αποτελούν εξαιρετικές πηγές για τους ανιχνευτές βαρυτικών κυμάτων.

Αυτές οι πληροφορίες αναμένεται να σηματοδοτήσουν μια εκρηκτική επιστημονική άνθηση στο χώρο των στοιχειωδών σωματιδίων και της φυσικής των ρευστών σε τρομακτικές θερμοκρασίες και πιέσεις, αλλά και την κατανόηση της διαδικασίας γέννησης των αστέρων νετρονίων και των μαύρων τρυπών.

Η πιο σημαντική ένδειξη για τη δημιουργία του Σύμπαντος από μία Μεγάλη Έκρηξη είναι η ακτινοβολία μικροκυμάτων, η οποία είναι κατάλοιπο των αρχικών υψηλών θερμοκρασιών που αναπτύχθηκαν κατά την έκρηξη. Στα 14 δισεκατομμύρια χρόνια που έχουν παρέλθει το Σύμπαν διογκώνεται συνεχώς και η θερμοκρασία του ελαττώνεται αναλόγως. Η ακτινοβολία μικροκυμάτων προβλέφθηκε θεωρητικά πριν από μισό αιώνα από τον George Gamow το 1948 και ανακαλύφθηκε από τους Penzias και Wilson το 1965 (τιμήθηκαν με το Nobel Φυσικής το 1978).

Αντίστοιχα με το θερμικό κατάλοιπο της Μεγάλης Έκρηξης, προβλέπεται να υπάρχει και σε μορφή βαρυτικών κυμάτων ένα κατάλοιπο των αρχικών διαταραχών του βαρυτικού πεδίου, δηλαδή μια βαρυτική ακτινοβολία υποβάθρου, που θα καταγράφει τη βρεφική ηλικία του Σύμπαντος. Τα διάφορα μοντέλα για τη δημιουργία του Σύμπαντος προβλέπουν την ύπαρξή της αν και υπάρχουν αρκετές διαφωνίες για τη συχνότητα εκπομπής της ακτινοβολίας και την ισχύ της. Η παρατήρηση αυτής της ακτινοβολίας θα βοηθήσει τους επιστήμονες στην απόρριψη ενός αριθμού θεωριών γένεσης του Σύμπαντος, κυρίως όμως θα μας βοηθήσει να «φωτογραφίσουμε» το Σύμπαν την ώρα της γένεσής του! Ο λόγος είναι ότι η θερμική ακτινοβολία υποβάθρου μας πληροφορεί για τη μορφή του Σύμπαντος μερικές εκατοντάδες χιλιάδες χρόνια μετά τη γένεσή του (παιδική ηλικία), ενώ η ακτινοβολία υποβάθρου σε βαρυτικά κύματα θα μας δώσει πληροφορίες για το πώς ήταν το Σύμπαν μερικά τρισεκατομμυριοστά

του πρώτου δευτερολέπτου μετά τη δημιουργία του!

Στην αστρονομία, έως τώρα, η ανάπτυξη νέων οργάνων, που ήταν σε θέση να παρατηρούν σε μια διαφορετική περιοχή του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος μας επιφύλασσε μια σειρά από εκπλήξεις. Για παράδειγμα, η ραδιοαστρονομία (ανίχνευση πηγών στο ραδιοφωνικό «παράθυρο»), πέραν των επαναστατικών της συνεισφορών στη μελέτη γνωστών αστρονομικών αντικειμένων, έφερε στο φως τους πάλσαρ (pulsars) και τους κβάζαρ (quasars), εξωτικά, έως τότε, αντικείμενα, που βοήθησαν σημαντικά στην κατανόηση της εξέλιξης των αστέρων και των γαλαξιών. Η αστρονομία ακτίνων-γ έχει ανατρέψει πολλά από τα κλασικά μοντέλα ακτινοβολίας των αστέρων κι έχουμε πρόσφατα καταγράψει μερικές από τις πιο εντυπωσιακές εκρήξεις (αόρατες σε άλλες ακτινοβολίες) κατά τις οποίες τα εκλυόμενα ποσά ενέργειας υπολείπονται μόνο αυτών της Μεγάλης Έκρηξης.

Αντίστοιχα, αναμένουμε πως ένα μεγάλο ποσό της αόρατης ύλης που υπάρχει στο Σύμπαν, σε μορφή σκοτεινών αντικειμένων (π.χ. μαύρες τρύπες), αλλά και εξωτικά αστρικά σώματα που δεν προβλέπονται από τη θεωρία, θα κάνει ορατή την παρουσία της μέσω της βαρυτικής ακτινοβολίας.

Οι επιστήμονες στην αυγή της νέας χιλιετίας έχουν κάθε λόγο να πιστεύουν ότι το άνοιγμα ενός νέου «βαρυτικού» παραθύρου θα δημιουργήσει μια επανάσταση στην αντίληψή μας για το Σύμπαν στο οποίο ζούμε.

Η ανακάλυψη των βαρυτικών κυμάτων

Το σήμα προήλθε από δύο μαύρες τρύπες σε απόσταση 1,2 δισεκατομμυρίων ετών φωτός από τη Γη. Οι μαύρες τρύπες βρέθηκαν σε μικρή απόσταση μεταξύ τους, κινήθηκαν σπειροειδώς η μία προς την άλλη και τελικά συγκρούστηκαν και συγχωνεύτηκαν, παράγοντας κύματα που έφτασαν μέχρι τους ανιχνευτές.

Η μία από τις δύο αυτές μαύρες τρύπες είχε μάζα 36 ηλιακές μάζες και η άλλη 29 ηλιακές μάζες και, λίγο πριν από την σύγκρουση τους, οι δύο μαύρες τρύπες περιφέρονταν, η μία γύρω από την άλλη, 250 φορές το δευτερόλεπτο, ενώ η ταχύτητά τους έφτανε τα 150.000 χλμ. το δευτερόλεπτο.

Η σύγκρουση έγινε σε χρονικό διάστημα ενός πέμπτου του δευτερολέπτου και δημιούργησε μία μεγαλύτερη με μάζα 62 ηλιακές μάζες με το σήμα της παρατήρησης να είναι ιδιαίτερα θεαματικό.

Η μάζα της μαύρης τρύπας που δημιουργείται από την σύγκρουση εξαρτάται από την γεωμετρία και το σπιν της σύγκρουσης κι έτσι δεν είναι το σύνολό τους αφού ένα 5% περίπου «χάνεται» με την μορφή της ενέργειας των βαρυτικών κυμάτων που παράγονται κατά την σύγκρουση. Έτσι κι εδώ αντί των 65 ηλιακών μαζών έχουμε μία μαύρη τρύπα 62 ηλιακών μαζών.

Η ενέργεια αυτή είναι μεγαλύτερη από ό,τι εκπέμπουν στον ίδιο χρόνο όλα τα άστρα του ορατού Σύμπαντος μαζί.

Οι τρεις χαμένες ηλιακές μάζες μετετράπησαν σε ενέργεια βαρυτικών κυμάτων η οποία ως ορατό φως θα ήταν αντίστοιχο με ένα δισεκατομμύριο τρισεκατομμυρίων ήλιους! Παρ' όλα αυτά η παραμόρφωση που κατέγραψαν τα δύο παρατηρητήρια LIGO στη Λουιζιάνα και την Ουάσινγκτον μετακινήθηκε τέσσερα χιλιοστά της διαμέτρου ενός πρωτονίου!

Εκεί καταγράφηκε μια απειροελάχιστη μεταβολή, μικρότερη από τη διάμετρο ενός πρωτονίου, στις διαστάσεις δύο δύο κάθετων σωλήνων μήκους 4 χιλιομέτρων ή 10 στην -21, δηλαδή 1 διά 1 και 21 μηδενικά.
 $1/100000000000000000000$ του μέτρου.

Το σήμα αυτό μετατράπηκε από τους ερευνητές σε ηχητικό αρχείο, το οποίο τους επέτρεψε να ακούσουν τον ήχο δύο μελανών σπών που συγκρούονται.

Οι αισθητήρες του LIGO στο Χάνφορντ της Ουάσινγκτον και το Λίβινγκστον της Λουιζιάνα έπιασαν τα ίχνη στις 14 Σεπτεμβρίου 2015, σχεδόν την ίδια στιγμή.

Οι αισθητήρες τους κατέγραψαν διαστολή και συστολή του χωροχρόνου κατά ένα χιλιοστό του μεγέθους ενός

πρωτονίου- πολύ μικρής έκτασης, αλλά και πάλι 10 φορές πιο μεγάλης από τη μικρότερη μονάδα που μπορεί να μετρήσει το LIGO.

Μετά την ανίχνευση των βαρυτικών κυμάτων από το LIGO ήρθε μια δεύτερη ανακοίνωση από το διαστημικό τηλεσκόπιο ακτινοβολίας γ Fermi. Σύμφωνα με αυτή 0,4 δευτερόλεπτα μετά την παρατήρηση των βαρυτικών κυμάτων που προκλήθηκαν από την συγχώνευση των μαύρων τρυπών το Fermi ανίχνευσε ένα σήμα ακτίνων γάμμα προερχόμενο από την ίδια κατεύθυνση απ' όπου ήρθαν τα βαρυτικά κύματα.

Και το ερώτημα είναι γιατί τα βαρυτικά κύματα έφτασαν στη Γη γρηγορότερα από τα ηλεκτρομαγνητικά; Η ανακοίνωση αυτή – μαζί βέβαια με την ανακοίνωση ανίχνευσης βαρυτικών κυμάτων από το LIGO – προκάλεσε πολλές σχετικές δημοσιεύσεις. Μεταξύ αυτών και μια δημοσίευση των **John Ellis, Νίκου Μαυρόματου και Δημήτρη Νανόπουλου** με τίτλο «[Comments on Graviton Propagation in Light of GW150914](#)».

Η ευαισθησία του ήδη υπάρχοντος ανιχνευτή έχει περιθώρια να βελτιωθεί ακόμη περισσότερο. Ένα πιο ευαίσθητο συμβολόμετρο θα μπορούσε να ανιχνεύσει πιο αμυδρά σήματα, δηλαδή σήματα που έρχονται από πιο μακριά.

Αυξάνοντας όμως την απόσταση που μπορεί να «ακούσει» ο ανιχνευτής κατά έναν παράγοντα 10, μεγαλώνει το πλήθος των ανιχνεύσιμων σημάτων κατά 1.000.

Περισσότερα σήματα συνεπάγονται πιο πολλά δεδομένα, τα οποία θα καλύπτουν ενδεχομένως κάθε δυνατή μορφή πηγής βαρυτικών κυμάτων.

Γιατί, όμως, θέλουμε να ανιχνεύσουμε πολλά κύματα από διαφορετικές πηγές; Κατ' αρχάς πρέπει να ξεκαθαρίσουμε ότι, όταν λέμε ότι τα βαρυτικά κύματα «ακούγονται», δεν εννοούμε ότι είναι κάποιου είδους ηχητικά κύματα.

Το «ακούω» χρησιμοποιείται εδώ ως αντιδιαστολή με τις πληροφορίες που συλλέγουμε για το Σύμπαν μέχρι στιγμής μέσω των ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων.

Όσο διαφορετική είναι η πληροφορία που φτάνει στον εγκέφαλό μας από τα αυτιά και τα μάτια μας για τον κόσμο που μας περιβάλλει τόσο –και ίσως ακόμη περισσότερο– διαφορετική είναι η πληροφορία που μπορούμε να συλλέξουμε για τον Κόσμο από τα βαρυτικά σε σχέση με αυτές που συλλέγουμε από τα ηλεκτρομαγνητικά κύματα.

Ανιχνεύσιμα ισχυρά βαρυτικά κύματα εκπέμπονται μόνο από σώματα εξαιρετικά συμπαγή (μαύρες τρύπες, αστέρες νετρονίων, εκρήξεις υπερκαινοφανών, βαρυτικές διακυμάνσεις του πρώιμου Σύμπαντος) που κινούνται με ταχύτητες πολύ κοντά στην ταχύτητα του φωτός.

Τέτοια κοσμικά αντικείμενα όχι μόνο είναι συνήθως παντελώς σκοτεινά, αλλά εμπεριέχουν ένα εξωτικό άυλο «υλικό»: ισχυρότατες στρεβλώσεις του ίδιου του χωροχρόνου. Η θεωρία της Σχετικότητας μας λέει πώς συμπεριφέρεται αυτό το «υλικό» και τα βαρυτικά κύματα είναι ο μοναδικός τρόπος να διαπιστώσουμε αν πράγματι αυτό συμπεριφέρεται σύμφωνα με τις προβλέψεις της Σχετικότητας.

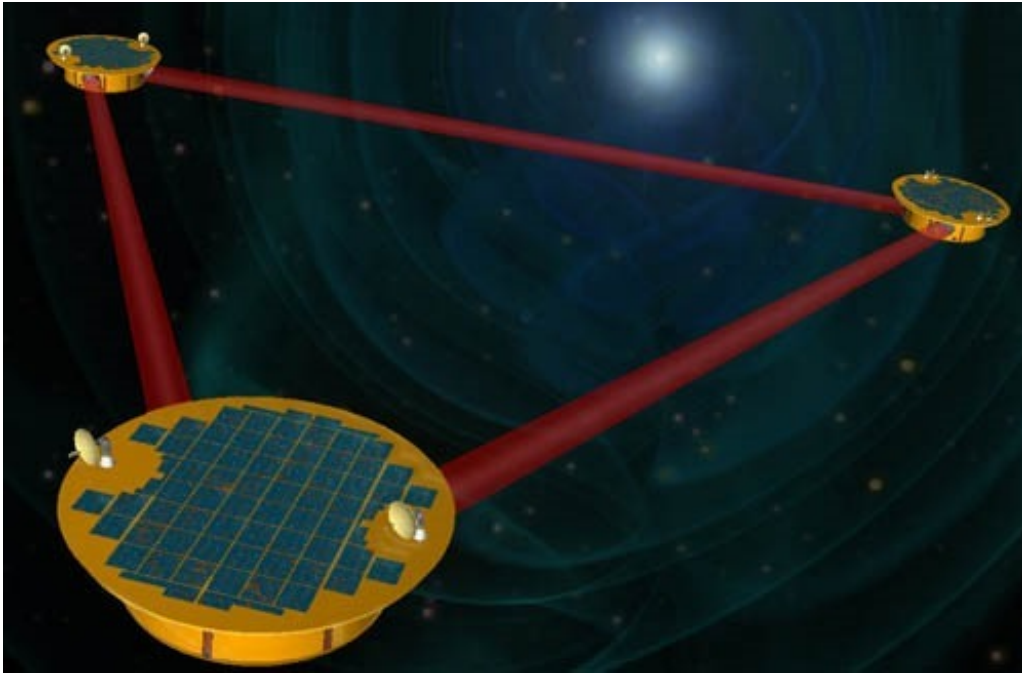
Επιπλέον, οι μαύρες τρύπες, αν και σήμερα είναι απολύτως αποδεκτές οντότητες από την κοινότητα των αστροφυσικών, μέσω των βαρυτικών κυμάτων μπορούν πλέον να παρατηρηθούν αυτές καθαυτές και όχι να συνάγεται έμμεσα η ύπαρξή τους, όπως συνήθως γίνεται.

Η άμεση παρατήρηση πολλών μαύρων τρυπών θα μας δώσει σημαντικές πληροφορίες για τα δημογραφικά τους στοιχεία ως προς την κατανομή τους και την εξέλιξή τους στο Σύμπαν.

Τέλος, η παρατήρηση βαρυτικών σημάτων από το πρώιμο Σύμπαν θα μπορέσει να μας δώσει πληροφορίες για τις απαρχές του Σύμπαντός μας, πολύ πιο πίσω στο χρόνο από αυτές που μπορούμε να έχουμε μέσω των ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων.

Το 2015 συμπληρώθηκαν 100 χρόνια από την παρουσίαση ενός από τα πιο όμορφα δημιουργήματα της ανθρώπινης σκέψης, τη θεωρία του Αϊνστάιν για τη βαρύτητα, τη Γενική Θεωρία της Σχετικότητας. Απόρροια αυτής

της θεωρίας είναι και τα βαρυτικά κύματα, που αναμένεται να αποκαλύψουν αόρατες και άγνωστες ως σήμερα πτυχές ενός πολύπλοκου και εκπληκτικού Σύμπαντος. Το ταξίδι της επιστημονικής γνώσης είναι μακρύ και μάλλον βρισκόμαστε μόνο στην αρχή του. Ο μοναδικός φάρος σκέψης του 20ού αιώνα, ο Άλμπερτ Αϊνστάιν, φώτισε τα προηγούμενα 100 χρόνια το δρόμο των θετικών επιστημών και θα συνεχίσει για αρκετούς αιώνες ακόμη να αποτελεί σημείο αναφοράς της σύγχρονης επιστημονικής σκέψης.



Ο διαστημικός ανιχνευτής βαρυτικών κυμάτων LISA θα τεθεί σε λειτουργία σε λίγα χρόνια και αποτελεί συνεργασία της ESA (Ευρωπαϊκή Διαστημική Επιτροπή) και της Αμερικανικής NASA. Ο διαστημικός ανιχνευτής κυμάτων βαρύτητας, θα βρίσκεται σε τροχιά γύρω από τον Ήλιο, ανάλογη με αυτή της Γης, και οι βραχίονές του θα έχουν μήκος περί τα 5 εκατομμύρια χιλιόμετρα.

Πηγές: Δ.Σιμόπουλος – Παλιά άρθρα