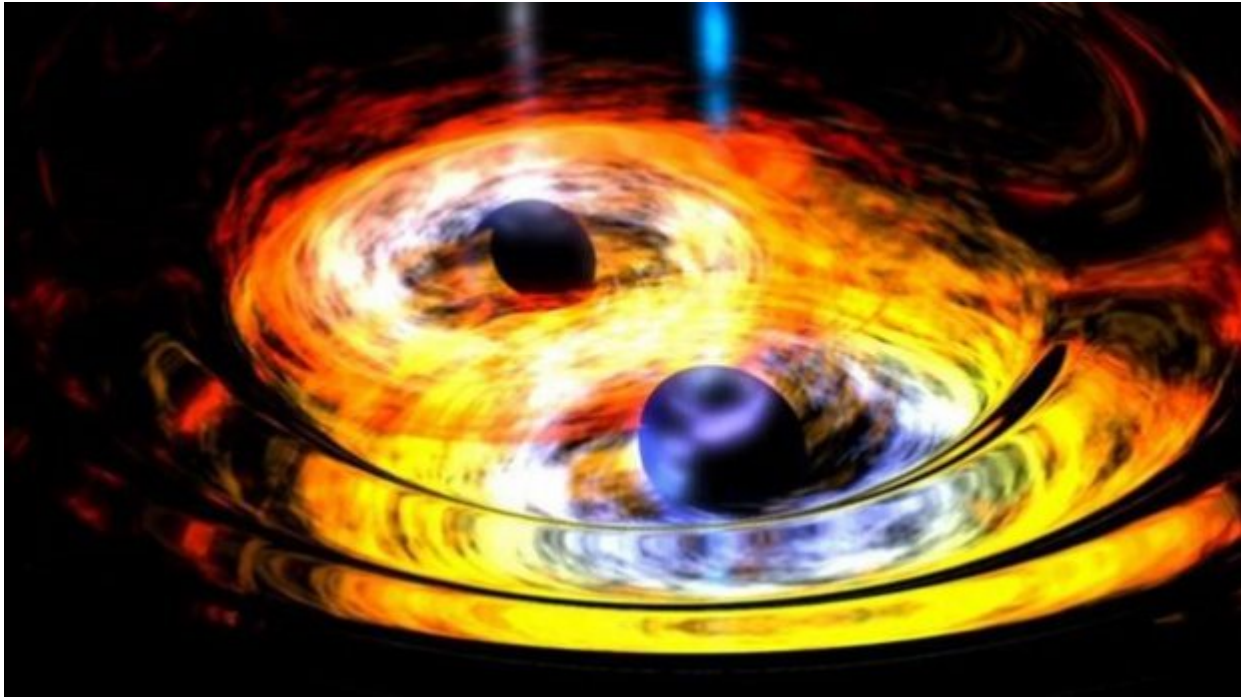


Τα κύματα της βαρύτητας

/ [Επιστήμες, Τέχνες & Πολιτισμός](#)



Δύο υπερμεγέθεις μελανές οπές στον επιθανάτιο σπειροειδή χορό τους, πριν από την τελική συγχώνευση, εκπέμπουν βαρυτικά κύματα (καλλιτεχνική απεικόνιση)

Η ανίχνευση των βαρυτικών κυμάτων μπορεί να μας αποκαλύψει τη «μελωδία» μιας μαύρης τρύπας και να ανοίξει ένα νέο παράθυρο στο Σύμπαν

Η δύναμη της βαρύτητας εξαρτάται από δύο παράγοντες: τη μάζα των σωμάτων και τις διαστάσεις τους. Αυτό αποτελεί σημείο συμφωνίας της παλαιότερης θεωρίας που ανέπτυξε ο Νεύτωνας (1687) και της τρέχουσας του Αϊνστάιν (1915). Από εκεί και πέρα, οι δύο θεωρίες αποκλίνουν σημαντικά ως προς την ταχύτητα διάδοσης του βαρυτικού πεδίου. Σύμφωνα με τον Νεύτωνα, αν το βαρυτικό πεδίο αλλάξει, τότε όλο το Σύμπαν ακαριαία θα «αισθανθεί» αυτή την αλλαγή και επομένως αυτό θα αποτελούσε μοναδικό τρόπο για την ακαριαία μετάδοση συμπαντικών μηνυμάτων. Αντιθέτως, οι εξισώσεις της θεωρίας του Αϊνστάιν (αλλά και νεότερων, γενικευμένων ή εναλλακτικών θεωριών βαρύτητας) προβλέπουν κάτι πιο λογικό, ότι δηλαδή η πληροφορία της μεταβολής του βαρυτικού πεδίου διαδίδεται ως ένα κύμα που ταξιδεύει με πεπερασμένη ταχύτητα. Στη θεωρία του Αϊνστάιν, η ταχύτητα αυτή συμπίπτει με την ταχύτητα του φωτός στο κενό. Οπως λοιπόν οι μεταβολές του ηλεκτρομαγνητικού πεδίου δημιουργούν τα ηλεκτρομαγνητικά κύματα (φωτεινά, ραδιοφωνικά κ.ο.κ.), έτσι και

οι μεταβολές του βαρυτικού πεδίου δημιουργούν «κυματισμούς στον χωρόχρονο».

Ισχυρές

μεταβολές



Ο ευρωπαϊκός ανιχνευτής βαρυτικών κυμάτων Advanced VIRGO βρίσκεται κοντά στην Πίζα της Ιταλίας και χρησιμοποιεί δύο ακτίνες λέιζερ μήκους 3 χιλιομέτρων η καθεμία

Τα βαρυτικά κύματα παράγονται από κάθε ασύμμετρη μεταβολή του βαρυτικού πεδίου. Πόσο ισχυρές όμως πρέπει να είναι οι μεταβολές αυτές για να μπορέσουν να γίνουν αντιληπτές και με ποιον τρόπο θα μπορούσαμε να τις ανιχνεύσουμε; Στο πρώτο ερώτημα, η απάντηση είναι σχεδόν προφανής: μόνο μεταβολές πολύ ισχυρών βαρυτικών πεδίων, σαν και αυτά που συναντούμε σε αστέρες νετρονίων ή μαύρες τρύπες (αλλά και στις αρχικές φάσεις της δημιουργίας του Σύμπαντος), θα μπορούσαν να είναι ισχυρές πηγές βαρυτικών κυμάτων. Οι αστέρες νετρονίων είναι τα πιο πυκνά αντικείμενα στο Σύμπαν. έχουν την πυκνότητα που θα είχε η Γη αν τη συμπιέζαμε στο μέγεθος μιας μικρής μπάλας. Οι μαύρες τρύπες είναι ακόμη πιο συμπαγή αντικείμενα. Και τα δύο είδη μπορούν να υπάρξουν σε ζεύγη που περιφέρονται το ένα γύρω από το άλλο. Λόγω της εκπομπής βαρυτικών κυμάτων, το ζεύγος σταδιακά χάνει ενέργεια και η απόσταση μεταξύ των αστέρων μειώνεται μέχρις ότου φτάσουμε στην τελική συγχώνευση, όπου παράγονται και

τα πιο ισχυρά βαρυτικά κύματα. Η μελλοντική ανίχνευση βαρυτικών κυμάτων θα βοηθήσει στο να διαλευκανθούν αναπάντητα ακόμη ερωτήματα που αφορούν την πραγματική φύση των μελανών οπών και τις παράξενες ιδιότητες της ύλης στο εσωτερικό των αστέρων νετρονίων.

Το δεύτερο ερώτημα αφορά την ανίχνευση των βαρυτικών κυμάτων. Τα ηλεκτρομαγνητικά κύματα τα ανιχνεύουμε με το μάτι μας, με τις κεραιές των ραδιοφώνων, των κινητών τηλεφώνων, των τηλεοράσεων, με τις δορυφορικές κεραιές κ.λπ. Δηλαδή, χρησιμοποιούμε κατάλληλες συσκευές ανάλογα με τη συχνότητα του υπό ανίχνευση κύματος. Τα βαρυτικά κύματα, δυστυχώς (αλλά ίσως και ευτυχώς για τον άνθρωπο), δεν ανιχνεύονται τόσο απλά, αφού ακόμη και οι ισχυρότερες βαρυτικές διακυμάνσεις που εκπέμπονται από μακρινά αστροφυσικά σώματα δημιουργούν μόνο απειροελάχιστες παραμορφώσεις στον χωρόχρονο όταν πλέον φτάσουν στη Γη. Επομένως, μια συσκευή ανίχνευσης βαρυτικών κυμάτων θα πρέπει να είναι σε θέση να εντοπίσει πραγματικά απειροελάχιστες παραμορφώσεις σωμάτων.

Η πολυπόθητη ανίχνευση

Σήμερα, οι πιο εξελιγμένοι ανιχνευτές βαρυτικών κυμάτων βασίζονται στην αρχή της συμβολομετρίας ακτίνων λέιζερ και βρίσκονται εγκατεστημένοι στην Ευρώπη (πείραμα VIRGO), στην Αμερική (πείραμα LIGO) και στην Ιαπωνία (πείραμα KAGRA), ενώ σύντομα αναμένεται να κατασκευαστεί όμοιος ανιχνευτής και στην Ινδία. Από το καλοκαίρι του 2015 θα ξεκινήσει σταδιακά η λειτουργία των αναβαθμισμένων πλέον ανιχνευτών Advanced LIGO και Advanced VIRGO, οι οποίοι αναμένεται να πετύχουν την απαιτούμενη ευαισθησία για την πολυαναμενόμενη πρώτη άμεση ανίχνευση βαρυτικών κυμάτων λίγα χρόνια αργότερα. Μέσα στη δεκαετία που διανύουμε, είναι πολύ πιθανόν λοιπόν να ανοίξει ένα νέο παράθυρο στο Σύμπαν. Οι διάφοροι ανά τον κόσμο ανιχνευτές σχεδιάζεται να λειτουργήσουν ως ένα παγκόσμιο δίκτυο για ταυτόχρονες παρατηρήσεις. Αυτό θα επιτρέψει τον εντοπισμό (με αρκετά καλή ακρίβεια) της θέσης στον ουρανό των πηγών που ανιχνεύονται.

Η πιο πιθανή πηγή των πρώτων βαρυτικών κυμάτων που θα ανιχνευτούν θεωρείται πως είναι η συγχώνευση ενός διπλού συστήματος αστέρων νετρονίων. Από τις πρώτες παρατηρήσεις θα λάβουμε πληροφορίες για την ολική μάζα του συστήματος. Στη συνέχεια, η προσπάθεια θα επικεντρωθεί στην ανίχνευση χαρακτηριστικών συχνοτήτων που εκπέμπονται μετά τη συγχώνευση των δύο αστέρων. Με την εφαρμογή τεχνικών της αστεροσεισμολογίας αναμένεται έτσι να υπολογιστεί με ακρίβεια η ακτίνα των αστέρων νετρονίων. Αυτό θα μας επιτρέψει, για πρώτη φορά, να κατανοήσουμε τις ιδιότητες των στοιχειωδών σωματιδίων και

τις αλληλεπιδράσεις μεταξύ αυτών σε τόσο υψηλές πυκνότητες, που είναι αδύνατον να αναπαραχθούν στο εργαστήριο. Ακόμη και στο CERN δεν μπορούν να γίνουν αυτού του είδους τα πειράματα, καθώς εκεί αναπτύσσονται μεν πολύ υψηλές ταχύτητες, όμως η πυκνότητα της ύλης παραμένει εξαιρετικά χαμηλή. Κατ' αυτόν τον τρόπο, τα διπλά συστήματα αστέρων νετρονίων είναι τα ιδανικά κοσμικά εργαστήρια της Θεωρητικής Φυσικής.

Η μουσική του Σύμπαντος

Οι μαύρες τρύπες εκπέμπουν βαρυτικά κύματα, τα οποία όμως δεν εκπέμπονται από το εσωτερικό τους, αλλά είναι αποτέλεσμα ταλαντώσεων του ορίζοντα γεγονότων, δηλαδή της «επιφάνειάς» τους. Για παράδειγμα, ένα αστέρι που περιφέρεται γύρω από μια υπερμεγέθη μαύρη τρύπα στο κέντρο ενός γαλαξία είναι στην πραγματικότητα ένας μικρός βιολονίστας. Η βαρυτική αλληλεπίδραση είναι το δοξάρι του, ο ορίζοντας γεγονότων της μαύρης τρύπας είναι οι χορδές στο βιολί του (ο ορίζοντας γεγονότων μπορεί να ταλαντωθεί σε συγκεκριμένες ιδιοσυχνότητες, όπως και ένα μουσικό όργανο) και τα βαρυτικά κύματα είναι ο μουσικός ήχος που παράγεται. Μελλοντικά, ειδικοί διαστημικοί ανιχνευτές βαρυτικών κυμάτων θα μπορούν να συντονίζονται στους «ήχους» μιας μαύρης τρύπας, ώστε να απολαύσουμε τη μελωδία της.

Μελωδικό, κατ' αυτή την έννοια, είναι όμως και ολόκληρο το Σύμπαν και η μεγαλύτερη συμφωνία ίσως έχει παιχτεί στα πρώτα στάδια της δημιουργίας του. Επίγεια (BICEP2) και διαστημικά (δορυφόρος Planck) πειράματα αναζήτησαν τους «ήχους» από τις πρώτες στιγμές του Σύμπαντος (όπως προβλέπεται πως παρήχθησαν σύμφωνα με τη δημοφιλέστερη κοσμολογική θεωρία) και σύντομα αναμένονται σημαντικές ανακοινώσεις σχετικά με τα οριστικά συμπεράσματα από τη συγκριτική ανάλυση των δεδομένων των δύο πειραμάτων.

Πέρα από την καλύτερη κατανόηση φαινομένων σε αστροφυσική και κοσμολογική κλίμακα, τα βαρυτικά κύματα θα μας επιτρέψουν να ελέγξουμε την ορθότητα και της ίδιας της Γενικής Θεωρίας Σχετικότητας (ΓΘΣ). Κάθε απόκλιση από τις προβλέψεις της ΓΘΣ ή και η ύπαρξη βαρυτικών κυμάτων νέας μορφής, θα δώσει το έναυσμα για την αντικατάσταση της ΓΘΣ του Einstein από μια βελτιωμένη, σχετικιστική θεωρία βαρύτητας. Υποψήφιες εναλλακτικές θεωρίες έχουν ήδη προταθεί πολλές και χρησιμοποιούνται σε θεωρητικές μελέτες, όμως μέχρι σήμερα καμία δεν ικανοποιεί όλα τα πειράματα που έχουν γίνει καλύτερα από αυτήν του Αϊνστάιν. Οι πειραματικοί έλεγχοι συνεχίζονται με εντατικούς ρυθμούς.

Η θεωρία του Αϊνστάιν στην αυγή του δεύτερου αιώνα της ζωής της αναμένεται όχι μόνο να συνεισφέρει στην αντίληψή μας για το Σύμπαν αλλά και να ανοίξει ένα νέο παράθυρο παρατήρησής του, θεμελιώνοντας έναν νέο κλάδο στην Αστρονομία.

Η Αστρονομία Βαρυτικών Κυμάτων θα μας δώσει τη δυνατότητα, πέρα από τις αναμενόμενες πηγές, να παρατηρήσουμε μια αθέατη και παντελώς ανεξερεύνητη όψη του Σύμπαντος, που πιθανώς να κρύβει μυστικά που ούτε καν έχουμε φανταστεί.

Στεργιούλας Νίκος, Κόκκοτας Κώστας

Ο κ. Νίκος Στεργιούλας είναι αναπληρωτής καθηγητής Σχετικότητας του Τμήματος Φυσικής του ΑΠΘ.

Ο κ. Κώστας Κόκκοτας είναι καθηγητής Θεωρητικής Αστροφυσικής στο Πανεπιστήμιο του Τίμπινγκεν.

Πηγή: tovima.gr