

ΕΠΙΣΤΗΜΗ

ΒΑΡΥΤΙΚΑ ΚΥΜΑΤΑ

Νότες του κοσμικού πενταγράμμου

Την Πέμπτη, 11 Φλεβάρη, η ερευνητική ομάδα του πειράματος LIGO στις ΗΠΑ ανακοίνωσε την πρώτη ανίχνευση βαρυτικών κυμάτων. Αναμφισβήτητα, πρόκειται για μία από τις σημαντικότερες επιστημονικές ανακαλύψεις των τελευταίων εκατό ετών. Τι είναι όμως τα βαρυτικά κύματα και γιατί είναι τόσο σημαντικά;

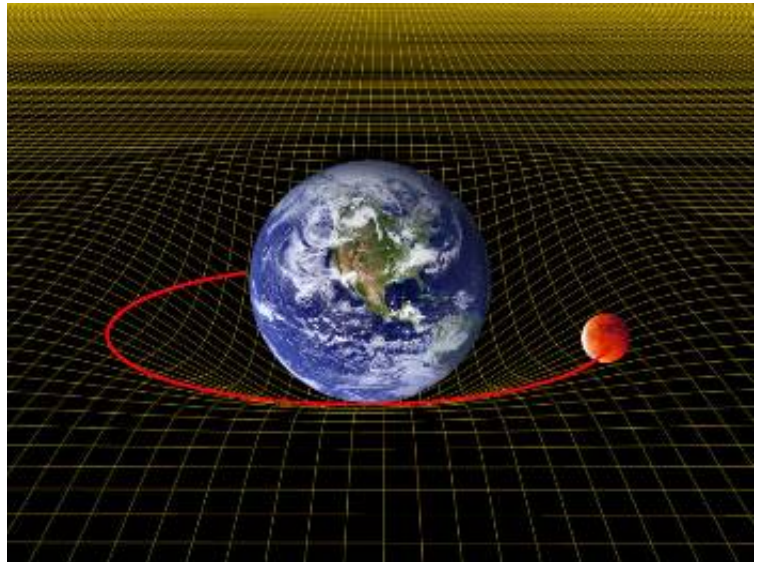
Χώρος και χρόνος: Δύο έννοιες που, στην καθημερινότητά μας, θεωρούνται απόλυτες, αυθύπαρκτες, αμετάβλητες. Ο χώρος γύρω μας - οι αποστάσεις, τα σχήματα - δεν αλλάζει, ενώ ο χρόνος κυλάει πάντα με τον ίδιο ρυθμό. Το 1905, με την Ειδική Θεωρία της Σχετικότητας, ο Αλμπερτ Αϊνστάιν ήρε αυτήν την άποψη. Ο χώρος και ο χρόνος όχι μόνο είναι έννοιες σχετικές, αλλά και αλληλένδετες. Ένας παρατηρητής που κινείται με σταθερή ταχύτητα στον χωροχρόνο μετράει αποστάσεις και χρονικά διαστήματα διαφορετικά από έναν ακίνητο. Αυτές οι διαφορές είναι αμελητέες για μικρές ταχύτητες, αλλά αισθητές για ταχύτητες που πλησιάζουν αυτήν του φωτός. Το 1916, η Γενική Θεωρία της Σχετικότητας (ΓΘΣ) συμπεριέλαβε στην παραπάνω εικόνα και επιταχυνόμενους παρατηρητές, των οποίων δηλαδή η ταχύτητα δεν παραμένει σταθερή. Αυτή η γενίκευση εξήγησε τη φύση της βαρύτητας, δηλαδή της ελκτικής δύναμης που ασκείται ανάμεσα σε δύο σώματα, καθότι, σύμφωνα με τη ΓΘΣ, η βαρύτητα είναι φαινόμενο ισοδύναμο με την επιτάχυνση. Ο Αϊνστάιν έδειξε ότι η βαρύτητα δεν είναι τίποτα άλλο παρά η καμπύλωση του χωροχρόνου γύρω από ένα σώμα, όπως ένα τεντωμένο σεντόνι καμπυλώνεται, αν τοποθετήσουμε ένα αντικείμενο μεγάλης μάζας στο κέντρο του. Ετσι, όταν ένα σώμα «πέφτει» στο βαρυτικό πεδίο ενός μεγαλύτερου σώματος (π.χ. ένα αντικείμενο που πέφτει στο έδαφος ή η περιφορά της Σελήνης γύρω από τη Γη), δε δέχεται κάποια δύναμη, αλλά απλώς ακολουθεί την τροχιά που του υπαγορεύει ο καμπυλωμένος χώρος.

Η ΓΘΣ αποτέλεσε επανάσταση για τη Φυσική. Όχι μόνο έδωσε απαντήσεις σε προβλήματα που δεν μπορούσαν να αντιμετωπιστούν με τους νόμους του Νεύτωνα, αλλά προέβλεψε και μια σειρά από φαινόμενα, όπως η καμπύλωση της τροχιάς του φωτός κοντά σε ισχυρά βαρυτικά πεδία. Μέχρι πρότινος, όλες οι προβλέψεις της ΓΘΣ είχαν επαληθευτεί εκτός από μία: Τα βαρυτικά κύματα.

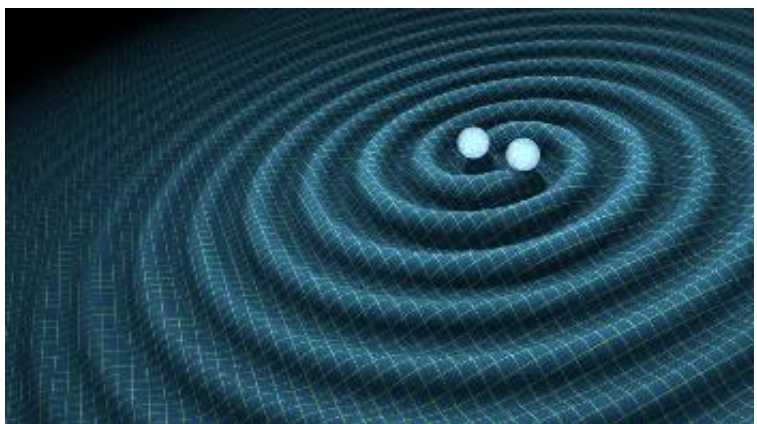
Στη σχετικιστική της περιγραφή, η βαρύτητα αποτελεί ένα δυναμικό, και όχι στατικό, φαινόμενο. Ένα σώμα το οποίο κινείται - για παράδειγμα η Γη γύρω από τον Ηλιο - μεταβάλλει την καμπυλότητα του χώρου. Η μεταβολή αυτή πρέπει με κάποιον τρόπο να γίνει αισθητή και στο χώρο γύρω από το κινούμενο σώμα. Ετσι, με τον ίδιο τρόπο που η μεταβολή του ηλεκτρομαγνητικού πεδίου διαδίδεται με τη μορφή ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων, το μεταβαλλόμενο βαρυτικό πεδίο έχει ως αποτέλεσμα την εκπομπή βαρυτικών κυμάτων. Τα βαρυτικά κύματα, λοιπόν, συνιστούν κυμάνσεις του ίδιου του χωροχρόνου (Εικόνα 2) και μεταφέρουν την πληροφορία της αλλαγής του βαρυτικού πεδίου ενός συστήματος.

Εκατό ολόκληρα χρόνια μετά την πρόβλεψή τους, τα βαρυτικά κύματα έκαναν πρόσφατα για πρώτη φορά την εμφάνισή τους στον ανιχνευτή LIGO στις ΗΠΑ. Ο λόγος για τον οποίο η ανίχνευσή τους ήρθε με τόσο μεγάλη καθυστέρηση συνίσταται στο ότι τα βαρυτικά κύματα είναι πολύ ασθενή. Παρότι συγκρατεί εμάς πάνω στη Γη και τη Γη γύρω από τον Ηλιο, η βαρύτητα αποτελεί την πιο ασθενή αλληλεπίδραση στη φύση. Ετσι, ακόμα και οι μεγαλύτερες αλλαγές στο βαρυτικό πεδίο δε γίνονται εύκολα αντιληπτές.

Η διέλευση ενός βαρυτικού κύματος προκαλεί



Απεικόνιση της καμπύλωσης του χωροχρόνου γύρω από τη Γη και η κίνηση της Σελήνης.



Τα βαρυτικά κύματα αποτελούν κυμάνσεις του χωροχρόνου. Απεικόνιση βαρυτικών κυμάτων από ένα ζεύγος αστέρων νετρονίων.

