

Μαύρες ρουφήχτρες караδοκούν στο Σύμπαν

Δρς Μάνος Δανέζης και Στράτος Θεοδοσίου

Επίκουροι καθηγητές Αστροφυσικής
Πανεπιστημίου Αθηνών

Σε πάρα πολλές περιπτώσεις η μάζα κάποιου αστεριού που έχει φθάσει στην περίοδο του ενεργειακού του θανάτου είναι πολύ μεγάλη. Τότε υπάρχει η περίπτωση να εκδηλωθεί μια έκρηξη στα επιφανειακά στρώματα του αστεριού η οποία εκτοξεύει μεγάλη ποσότητα ύλης του στον μεσοαστρικό χώρο. Αποτέλεσμα αυτής της έκρηξης είναι η μάζα που απομένει να συμπιεστεί βίαια προς τον πυρήνα του. Όπως αποδεικνύεται θεωρητικά αν η συμπιεζόμενη βίαια προς τον πυρήνα μάζα του αστεριού είναι μεγαλύτερη από 3,2 ηλιακές μάζες, η πίεση που ασκούν τα αέρια του πυρήνα του άστρου δεν είναι τόσο μεγάλη ώστε να αντισταθμίσει τη συντριπτική δύναμη της βαρύτητας. Έτσι η συνεχής κατάρρευση των εξωτερικών στρωμάτων του αστεριού προς το κέντρο του, θα οδηγήσει τις περιοχές του αστρικού πυρήνα με την πάροδο του χρόνου, σε μια θεωρητικά απείρου πυκνότητας κατάσταση. Τότε όμως οι διαστάσεις του αστεριού μας θα είναι πολύ μικρές καθώς θα έχει μεταβληθεί σε ένα σχεδόν σημειακό αστρικό σώμα.

Αποτέλεσμα αυτού του γεγονότος είναι να δημιουργηθεί γύρω από το αστέρι ένα εξαιρετικά μεγάλο βαρυτικό πεδίο το οποίο καταπίνει οτιδήποτε βρεθεί σε κάποια ακτίνα γύρω του. Η αστρική αυτή κατάσταση ονομάζεται *μελανή οπή* ή *μαύρη τρύπα* (*black hole*), μια ονομασία που επινοήθηκε από τον Αμερικανό αστρονόμο και καθηγητή στο Princeton, *John Archibald Wheeler*. Φυσικά η μαύρη τρύπα, δεν είναι κυριολεκτικά μια τρύπα. Η ονομασία της προήλθε από τη Γενική Θεωρία της Σχετικότητας, σύμφωνα με την οποία το πεδίο βαρύτητάς της είναι τόσο ισχυρό, ώστε το φως του αστεριού δεν μπορεί να διαφύγει πέρα από μια απόσταση, η οποία ονομάζεται *ακτίνα Schwarzschild*. Η ονομασία της οφείλεται στον σπουδαίο Γερμανό αστροφυσικό Karl Schwarzschild (1873-1916), ο οποίος στις αρχές του 1916 με την νέα, τότε, θεωρία της βαρύτητας του A. Einstein (1879-1955), υπολόγισε την ακριβή μαθηματική έκφρασή της. Η ακτίνα αυτή ορίζει γύρω από το υπέρπυκνο αυτό αστέρι έναν σφαιρικό ορίζοντα, τον *ορίζοντα γεγονότων* όπως λέγεται, μέσα από τον οποίο τίποτα δεν μπορεί να διαφύγει, ούτε καν το φως τους. Αυτό σημαίνει ότι τα σώματα αυτά είναι —και θα παραμένουν στο εξής για πάντα— αόρατα, μαύρα. Για το λόγο αυτό παρομοιάζονται με τρύπες.

Η βαρυτική όμως κατάρρευση του αστεριού δεν σταματά εδώ, αλλά συνεχίζεται μέχρι να συμβεί το λογικώς αδύνατον, να συνθλιβεί δηλαδή προς το αισθητό «τίποτα», πέφτοντας σε ένα πολύ περίεργο σημείο της μαύρης τρύπας, τη *σημειακή ανωμαλία* (σημειακή ιδιομορφία). Η σημειακή αυτή ανωμαλία ως αποτέλεσμα της Γενικής Θεωρίας της Σχετικότητας, αποτέλεσε —από τότε που βρέθηκε— τη μεγαλύτερη πρόκληση προς τη σύγχρονη Φυσική. Η σημειακή ανωμαλία είναι μια περιοχή του χωροχρόνου όπου η φυσική θεωρία, δηλαδή όλο το σύστημα των φυσικών νόμων και γνώσεων, παύει να ισχύει. Εδώ επικρατούν απείρωσ μεγάλες βαρυτικές δυνάμεις που διαλύουν κάθε σώμα, το οποίο φθάνει εκεί, σε στοιχειώδη σωματίδια της ύλης.

Αλλά και πιο πέρα, τα πρωτόνια, τα νετρόνια, τα φωτόνια, συμπιέζονται σε άπειρη πυκνότητα και ουσιαστικά παύουν να υπάρχουν. Δηλαδή παύουν να υπάρχουν η μάζα και η ενέργεια του αστεριού. Που πηγαίνουν όμως;

Όταν η μάζα φουσκώνει

Όταν μιλάμε για αύξηση της μάζας ενός σώματος καθώς αυξάνεται η ταχύτητά του σε σχετικιστικά επίπεδα, πολλοί κάνουν το λάθος να πιστεύουν ότι αυξάνεται ο όγκος της μορφής του, δηλαδή το περιεχόμενο της αισθητής σε μας εικόνας του.

Αυτό όμως δεν είναι αληθινό. Όπως όλοι γνωρίζουμε, η μάζα ενός σώματος δεν μπορεί να ταυτιστεί με τη μορφή και τον όγκο της ύλης τού αντικειμένου, αλλά αποτελεί απλώς μια ιδιότητα που μετρά την αδράνειά του, το μέτρο δηλαδή της δυνατότητάς του να αντιστέκεται σε κάθε προσπάθεια μεταβολής της κινητικής του κατάστασης. Όταν λοιπόν μιλάμε για αύξηση της μάζας ενός σώματος, εννοούμε την αύξηση του μέτρου της αδράνειάς του.

Πώς όμως αυξάνεται η αδράνεια του αντικειμένου μέσω της αύξησης της ταχύτητάς του; Όπως απέδειξε ο Ιταλός φυσικός W. Bertozzi, με το πείραμα της μεγίστης ταχύτητας, όταν προσφέρουμε ενέργεια σε ένα σώμα για να αυξήσει την ταχύτητά του και όσο η αναπτυσσόμενη ταχύτητα είναι μικρή, το μεγαλύτερο μέρος της προσφερόμενης ενέργειας καταναλίσκεται προκειμένου το σώμα να αυξήσει την ταχύτητά του, ενώ ένα μικρό ποσοστό από αυτήν συσσωρεύεται στα δομικά συστατικά του σώματος.

Αν συνεχίσουμε να προσφέρουμε ενέργεια στο σώμα, και όταν πλέον αυτό έχει αποκτήσει σχετικιστικές ταχύτητες, το φαινόμενο αντιστρέφεται και μόνο ένα ελαχιστότατο μέρος της προσφερόμενης ενέργειας καταναλίσκεται για να αυξηθεί η ταχύτητα του αντικειμένου, ενώ το συντριπτικά μεγαλύτερο μέρος της αποθηκεύεται στα δομικά συστατικά του. Η συνεχής αυτή συσσώρευση ενέργειας θεωρητικά θα συνεχιστεί επ' άπειρον.

Η συσσώρευση όμως τεράστιων ποσών ενέργειας στα δομικά συστατικά του αντικειμένου, που μεταβάλλει και αυτήν ακόμα την αισθητή μορφή του, περιμένουμε να μεταβάλλει και τις ιδιότητές του, μεταξύ των οποίων και την αδρανειακή του κατάσταση, δηλαδή την αίσθηση της τιμής της μάζας του, όπως τουλάχιστον εμείς, με τη βοήθεια της ανθρώπινης λογικής μας, την αντιλαμβανόμαστε (βλέπε σελίδα....).

Η απάντηση είναι τόσο περίεργη, πού αν δεν τη βλέπαμε με τα ίδια μας τα μάτια και μέσω των γνώσεών μας να ξεπροβάλλει μέσα από τη Θεωρία της Σχετικότητας, θα πιστεύαμε ότι αποτελεί κεφάλαιο βιβλίου επιστημονικής φαντασίας. Η μάζα, σύμφωνα με κάποιες θεωρητικές απόψεις (μελανή οπή Schwarzschild), μέσω μιας τετραδιάστατης γέφυρας (σκουληκότρυπας) που ονομάζεται γέφυρα *Einstein-Rosen*, ταξιδεύει και καταλήγει σ' ένα καινούργιο, ξεχωριστό όμως, Σύμπαν που συνυπάρχει με το δικό μας, χωρίς όμως να γίνεται αντιληπτό από εμάς. Το ταξίδι βέβαια της αστρικής μάζας μέσω της γέφυρας *Einstein-Rosen*, δεν είναι τόσο απλό, εφ' όσον θα πρέπει να γίνει με την ταχύτητα του φωτός, γεγονός το οποίο αποκλείει η Θεωρία της Σχετικότητας, τουλάχιστον όσον αφορά το αισθητό στον άνθρωπο Σύμπαν. Στα πλαίσια αυτού του νέου Σύμπαντος, σύμφωνα με πολλούς μελετητές, ο χρόνος και ο χώρος, όπως τους αντιλαμβάνεται η ανθρώπινη λογική και εμπειρία, παύουν να υπάρχουν. Από τον νέον αυτόν χώρο ένας φανταστικός ταξιδιώτης μπορεί να μεταπηδήσει, θεωρητικά, άπειρες φορές στο παρελθόν ή στο μέλλον χωρίς να διανύσει καμιά χρονική ή χωρική απόσταση.

Από το παράλληλο αυτό Σύμπαν, η μάζα του αστεριού μπορεί, σύμφωνα με τις ίδιες θεωρητικές απόψεις, να μεταφερθεί και πάλι στο δικό μας Σύμπαν, μέσω μιας αντιδιαμετρικής σημειακής ανωμαλίας του νέου αυτού Σύμπαντος —την οποία ονομάσαμε *λευκή οπή*— και να εμφανιστεί σε χώρο και χρόνο άσχετο μ' αυτόν της εξαφάνισής της.

Λευκές οπές, κοσμικές πόρτες από το πουθενά

Μια λευκή οπή θα αποτελούσε πρακτικά μια περιοχή του χώρου από την οποία θα υλοποιείτο μέσα στο παρατηρούμενο Σύμπαν μας μάζα απείρου πυκνότητας (προερχόμενη από το αισθητό τίποτα) μέσω μιας εκτυφλωτικής έκρηξης απροσδιόριστης διάρκειας.

Το φαινόμενο αυτό θα παρουσιαζόταν, σε μικρογραφία ίσως, σαν ένα φαινόμενο αντίστοιχο της *Μεγάλης Εκρηξης* από την οποία —όπως πιστεύεται σήμερα— γεννήθηκε το Σύμπαν μας. Μια τέτοια αποδοχή, βέβαια, θα κατέρριπτε τις σύγχρονες κοσμολογικές απόψεις, αλλά και μια σειρά κοινωνικών και φιλοσοφικών ρευμάτων που στηρίχτηκαν πάνω σ' αυτές, αφού θα αγνόφεγγε η υπόθεση της γέννησης του αισθητού σ' εμάς Σύμπαντος μέσα από την ψευδή ανυπαρξία ενός άλλου αόρατου Σύμπαντος, που ίσως απλώνεται πίσω από τον ορίζοντα μιας μαύρης τρύπας!!

Σύμφωνα μ' αυτήν την άποψη, ολόκληρο το Σύμπαν μας δεν αποτελεί παρά τον χώρο εξέλιξης μιας τεράστιας λευκής οπής χωρίς όρια.

Ίσως λόγω αυτών των γεγονότων, οι φυσικοί έχουν σήμερα την εντύπωση ότι η ύπαρξη λευκών οπών θα διατάρασσε την αποδεκτή, επιστημονικώς, τάξη πραγμάτων, οδηγώντας σε αποτελέσματα που δεν θα ήταν δυνατόν να υποστηριχθούν από τη σύγχρονη επιστημονική θεωρία.

Τι είναι όμως τελικά οι λευκές οπές, εκτός από πόρτες εισόδου απροσδόκητης ύλης και ενέργειας στο αισθητό Σύμπαν;

Στην ερώτηση αυτή προσπάθησαν να δώσουν απάντηση ο Ισραηλινός πυρηνικός φυσικός Yuval Neeman, καθώς και ο Ρώσος μαθηματικός Sergei Petrovich Novikov, οι οποίοι με ανεξάρτητες εργασίες τους ισχυρίστηκαν ότι οι λευκές οπές αποτελούν καθυστερημένα γεγονότα σε σχέση με τη στιγμή της δημιουργίας του Σύμπαντος —που γεννήθηκε πριν αρκετά δισεκατομμύρια χρόνια— μέσω των οποίων, όπως και τότε, γεννάται εκ του μη αισθητού ύλη και ενέργεια.

Επανερχόμενοι όμως στη μελέτη των μελανών οπών δεν μπορούμε παρά να σημειώσουμε ότι αυτό που δεν ευχαριστεί τους φυσικούς που ασχολούνται με τη θεωρία των μελανών οπών, είναι ότι στο περιβάλλον τους χάνεται, όπως πιστεύουν, η έννοια της τάξης στο Σύμπαν και το τυχαίο γίνεται κυρίαρχος παράγοντας στην κατανόηση των φυσικών μηχανισμών. Τα πράγματα γίνονται ακόμα σοβαρότερα όταν θεωρήσουμε ότι όλα τα παράξενα γεγονότα που συνδέονται με μια μαύρη τρύπα είναι ουσιαστικά μια έκφραση της σημειακής ανωμαλίας που υπάρχει πίσω από τον ορίζοντα της μαύρης τρύπας. Εδώ είναι σημαντικό να αναφέρουμε ότι οι σημειακές ανωμαλίες δεν προκύπτουν απλώς από εσωτερικές ατέλειες της Θεωρίας της Σχετικότητας, αλλά αποτελούν, αναπόφευκτα, μέρος κάθε άλλης ολοκληρωμένης βαρυτικής θεωρίας. Σημειώνουμε ότι η έννοια της μαύρης τρύπας εισήχθη για πρώτη φορά από τον John Michell του Cambridge το 1783, ενώ και ο μαθηματικός, φυσικός και αστρονόμος *Pierre Laplace* (1749-1827), το 1796 —με την κλασική θεωρία— προέβλεψε την ύπαρξή της. Ένα άλλο επίσης ενδιαφέρον θέμα είναι ότι τα σημεία αυτά, στα οποία καταρρίπτεται η έννοια του χωροχρόνου και ολόκληρης της φυσικής θεωρίας, υπάρχουν ανεξάρτητα της ύπαρξης ενός άστρου που καταρρέει προς το κέντρο του.

Ένας από τους πιο γνωστούς ερευνητές των παράδοξων φαινομένων που δημιουργεί η ύπαρξη μελανών οπών είναι και ο *Στήβεν Χόκινγκ* (*Stefen Hawking*, 1942-), διάσημος κοσμολόγος και καθηγητής των μαθηματικών στο Cambridge. Η πρώτη μεγάλη θεωρητική ανακάλυψη του Χόκινγκ ήρθε το 1971, όταν απέδειξε ότι κατά τα πρώτα στάδια της δημιουργίας του Σύμπαντος ήταν δυνατός ο σχηματισμός μικροσκοπικών μελανών οπών, όχι μεγαλύτερων από έναν ατομικό πυρήνα, που αγκάλιαζαν όμως μάζα μεγαλύτερη από εκείνη ενός βουνού ύλης.

Παράδοξα φαινόμενα στο περιβάλλον μιας μαύρης τρύπας

Στα πλαίσια μιας μαύρης τρύπας και μέσα στον αόρατο χώρο που ορίζεται από τον ορίζοντα γεγονότων, σύμφωνα με τη Θεωρία της Σχετικότητας, συμβαίνουν υπέρλογα και ακατανόητα γεγονότα. Αυτά οφείλονται αφ' ενός μεν στις σχετικιστικές ταχύτητες (παραπλήσιες της ταχύτητας του φωτός) με τις οποίες κινούνται οι μάζες οδηγούμενες προς τη σημειακή ανωμαλία, αφ' ετέρου δε στις τεράστιες βαρυτικές δυνάμεις που αναπτύσσονται σ' αυτόν χώρο.

Ετσι στο περιβάλλον μιας μαύρης τρύπας, σύμφωνα με τη Θεωρία της Σχετικότητας, το μήκος ενός αντικειμένου, που κινείται κατά τη διεύθυνση του μήκους του, μικραίνει όσο μεγαλώνει η ταχύτητα του και θα γίνει πρακτικά μηδέν, όταν η ταχύτητά του φθάσει την ταχύτητα του φωτός. Κατά τη διάρκεια, όμως, της χρονικής περιόδου που το μήκος τού αντικειμένου «ζαρώνει», λόγω της αύξησης της ταχύτητάς του, η μάζα του όλο και μεγαλώνει μέχρι να γίνει άπειρη, όταν το μήκος του θα έχει γίνει μηδέν. Ομοίως και ο χρόνος, όπως και η μάζα του σώματος, διαστέλλεται με την αύξηση της ταχύτητάς του. Ετσι, τη στιγμή που το σώμα θα αποκτήσει την ταχύτητα του φωτός, ο χρόνος «παγώνει», γεγονός που σημαίνει ότι ο χρόνος ανάμεσα σε δύο κτύπους ενός ρολογιού, υπολογίζεται πως θα είναι άπειρος, ταυτιζόμενος με την αιωνιότητα.

Πώς ανιχνεύουμε την ύπαρξη μιας μαύρης τρύπας

Μια κλασική μαύρη τρύπα, όπως ήδη έχουμε αναφέρει, δεν επιτρέπει στην ύλη και στην ενέργεια —που βρίσκονται μέσα στον ορίζοντα γεγονότων— να γίνουν αντιληπτές από τον παρατηρητή, ο οποίος βρίσκεται έξω απ' αυτήν. Μια μαύρη τρύπα δηλαδή είναι στην ουσία αόρατη. Συνεπώς είναι φανερό ότι η ύπαρξη μιας μαύρης τρύπας μπορεί να γίνει αντιληπτή μόνο από φαινόμενα που δημιουργούνται λόγω της επίδρασής της πάνω σε σώματα τα οποία βρίσκονται έξω απ' αυτήν.

Δηλαδή, αν ένα κανονικό αστέρι περιφέρεται γύρω από μια μαύρη τρύπα, συνήθως, το μεγάλο βαρυτικό πεδίο της δημιουργεί μια ροή ύλης από το αστέρι προς αυτήν. Η ύλη αυτή ακολουθεί μια σπειροειδή τροχιά πριν χαθεί πίσω από τον ορίζοντα της μαύρης τρύπας, δημιουργώντας γύρω της έναν δίσκο που ονομάζεται *δίσκος συσσώρευσης ή δίσκος προσαύξησης (accretion disc)* και του οποίου η θερμοκρασία υπερβαίνει το ένα εκατομμύριο βαθμούς. Η ονομασία του οφείλεται στο γεγονός ότι το υλικό των δίσκων αυτών προσαυξάνει το υλικό των μελανών οπών. Λόγω της υψηλής θερμοκρασίας του ο δίσκος συσσώρευσης εκπέμπει έντονη ακτινοβολία X την οποία μπορούμε να ανιχνεύσουμε. Επίσης, αν η μελανή οπή είναι μέλος διπλού συστήματος αστερών, μπορεί να «διαπιστωθεί» η ύπαρξή της τόσο από τις βαρυτικές της επιδράσεις, όσο και από τη μελέτη των ακτίνων X που εκπέμπονται γύρω της.

Συνοψίζοντας μπορούμε να πούμε ότι ο σχηματισμός μιας μαύρης τρύπας στο κέντρο ενός γαλαξία συνοδεύεται από τρία μάλλον εύκολο να παρατηρηθούν φαινόμενα: Τα αστέρια στη γειτονία της μελανής οπής περιφέρονται με μεγάλη ταχύτητα γύρω από ένα αόρατο ελκτικό κέντρο. Σχηματίζονται δίσκοι ιονισμένου αερίου (δίσκοι προσαύξησης), που σταδιακά εισέρχονται μέσα στη μαύρη τρύπα εμπλουτίζοντάς την σε υλικό. Τέλος, εκτοξεύονται με μεγάλη ταχύτητα πίδακες ιονισμένου αερίου κατά μήκος του άξονα περιστροφής της μαύρης τρύπας, τα καλούμενα *Jets* (πίδακες ροής).

Βιβλιογραφία: Μάνος Δανέζης και Στράτος Θεοδοσίου, «Το Σύμπαν που αγάπησα», Εκδόσεις Διάυλος, Αθήνα 1999.