

Το Σύμπαν στο τσεπάκι μου

Το Σύμπαν σε υψηλές ενέργειες



Mimoza Hafizi
Πανεπιστήμιο Τιράνων



Στον αστερισμό της Κασσιόπης, τα πέντε φωτεινότερα αστέρια σχηματίζουν το γράμμα «W». Αυτά τα αστέρια εκπέμπουν μέχρι χίλιες φορές πιο ισχυρή ακτινοβολία από τον Ήλιο μας. Αλλά δεν εκπέμπουν σε υψηλές ενέργειες.

Ειδικά όργανα που χρησιμοποιούνται για αστροφυσική υψηλών ενεργειών ανιχνεύουν τις ακτίνες UV, X και γ που εκπέμπονται από ορισμένα αντικείμενα. Φωτόμετρα καταγράφουν την ποσότητα φως που προέρχεται από αυτά τα αντικείμενα και μας παρέχουν μια ακριβή μέτρηση της συνολικής ενέργειας που εκπέμπουν.

Πολλά αντικείμενα που εκπέμπουν σε υψηλές ενέργειες δεν μπορούν να ανιχνευθούν στο ορατό φως.

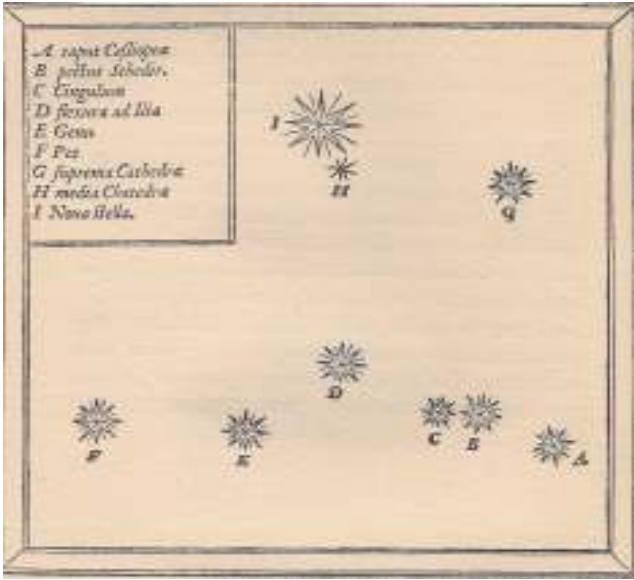
Ακόμη και με γυμνό μάτι, μπορούμε να δούμε ότι κάποια ουράνια αντικείμενα είναι φωτεινότερα από άλλα. Είναι πιο κοντά σε εμάς και έτσι φαίνονται πιο φωτεινά; Ή εκπέμπουν περισσότερη ενέργεια;

Οι αστρονόμοι μπορούν και μετρούν τις αποστάσεις πολλών ουράνιων σωμάτων, έτσι μπορούν να εκτιμήσουν την ενέργεια που εκπέμπουν στο ορατό φως.

Χρησιμοποιώντας ειδικούς ανιχνευτές υψηλών ενεργειών, μετρούν την αόρατη για το μάτι ενέργεια, που εκπέμπεται από φωτόνια υψηλής ενέργειας (ακτίνες UV, X και ακτίνες γ) *, από σωματίδια υψηλής ενέργειας (νετρίνα, κοσμικές ακτίνες) και κύματα βαρύτητας.

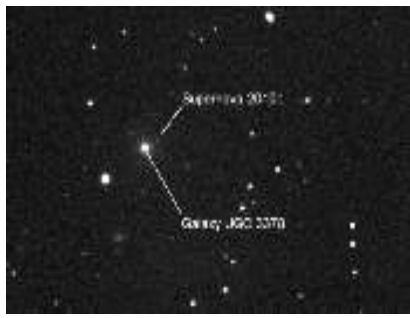
Μερικά από τα αντικείμενα που εκπέμπουν σε υψηλές ενέργειες, όπως οι Υπερκαινοφανείς, οι αστέρες Νετρονίων, οι μαύρες Τρύπες ή οι Ενεργοί Γαλαξιακοί Πυρήνες εκπέμπουν ακραίες ποσότητες ενέργειας. Εκπέμπουν δισεκατομμύρια φορές περισσότερη ενέργεια από τον Ήλιο μας.

*βλέπε TUIMP 2



Αριστερά: Στις 11 Νοεμβρίου 1572, στον αστρικό χάρτη της Κασσιόπης, ο αστρονόμος Tycho Brahe σημείωσε με το γράμμα «I» το «νεογέννητο αστέρι», που αργότερα ονομάστηκε Υπερκαινοφανής του Tycho. Τα 'F', 'E', 'D', 'C', 'B', 'A', 'G' είναι μακρινά αστέρια και φαίνονται στη φωτογραφία της Κασσιόπης στη σελίδα 2, ενώ το αστέρι «I» δεν φαίνεται πια.

Όταν εμφανίστηκε, ο Υπερκαινοφανής του Tycho ήταν τόσο φωτεινός όσο η Αφροδίτη, αν και η έκρηξη είχε γίνει περίπου 9 έτη φωτός μακριά. Η φωτεινότητά του ελαττωνόταν μέρα με τη μέρα και μετά από περίπου δύο χρόνια δεν ήταν πλέον ορατός με γυμνό μάτι.



Αριστερά: Ο Υπερκαινοφανής 2010ltd, που ανακαλύφθηκε από ένα κορίτσι δέκα ετών, την Kathryn Grey. Η έκρηξη έγινε 240 εκατομμύρια έτη φωτός μακριά.

Υπερκαινοφανείς (Supernovae)

Σίγουρα θα εκπλαγείτε, αν παρακολουθώντας τον ουρανό, παρατηρήσετε ξαφνικά ένα νέο άστρο που λάμπει σε ένα χώρο που ήταν άδειος πριν! Ίσως να κλάψετε: Ένα νέο άστρο γεννιέται! Ένας *nova*, στα Λατινικά. Ή, ένας *supernova* (υπερκαινοφανής), αν το νέο «άστρο» είναι εξαιρετικά λαμπρό! Η πρώτη τέτοια παρατήρηση ήταν αυτή του «φιλοξενούμενου αστέρα» που είδαν οι Κινέζοι αστρονόμοι το 1054 μ.Χ.*.

Στην πραγματικότητα αυτό το φως δεν σηματοδοτεί τη γένεση ενός νέου άστρου: Υπερκαινοφανείς είναι εκρήξεις υπαρχόντων αστέρων. Η έκρηξη είναι τεράστια ώστε μέσα σε λίγα λεπτά απελευθερώνει τόση ενέργεια όση ο Ήλιος μας κατά τη διάρκεια της ζωής του, 10 δισεκατομμυρίων ετών! Στη συνέχεια, η έκρηξη διαχέεται και το αστέρι γίνεται ξανά αόρατο. Αυτό που παραμένει είναι ένα άστρο νετρονίων ή μια μαύρη τρύπα. Με τηλεσκόπια βλέπουμε ότι μια μεγάλη ποσότητα υλικού απομακρύνεται από το άστρο.

*βλέπε TUIMP 10



Αριστερά: Διάγραμμα που αναπαριστά τη σύγκρουση δύο μαύρων τρυπών. Οι κυματισμοί που διαδίδονται σαν κύματα σε μια πισίνα απεικονίζουν βαρυτικά κύματα.

Το πρώτο βαρυτικό κύμα που ανιχνεύτηκε στις 14 Σεπτεμβρίου 2015 αποκάλυψε μια τέτοια σύγκρουση που συνέβη πριν από 1,3 δισεκατομμύρια χρόνια μεταξύ δύο μαύρων τρυπών 36 και 29 ηλιακών μαζών. Η ενέργεια που απελευθερώθηκε κατά τη σύγκρουση ήταν μεγαλύτερη από αυτήν του φωτός που εκπέμπεται από όλα τα αστέρια του Σύμπαντος!

Δεξιά: Φωτογραφία του σταθμού LIGO στο Hanford, Η.Π.Α., ενός από τα παρατηρητήρια όπου ανιχνεύονται βαρυτικά κύματα. Η κυματομορφές που παρατηρούνται ταιριάζουν με τις προβλέψεις της γενικής σχετικότητας που αναπτύχθηκε από τον Albert Einstein.

Όταν ένα άστρο με μάζα πάνω από 30 ηλιακές μάζες εκρήγνυται ως υπερκαινοφανής, σχηματίζεται στο κέντρο του μια μαύρη τρύπα πολλών ηλιακών μαζών μέσα σε μια περιοχή μερικών χιλιομέτρων. Γιατί όμως αυτό το περίεργο όνομα; Επειδή μια μαύρη τρύπα έχει τόσο μεγάλη βαρύτητα που τίποτα δεν μπορεί να ξεφύγει από αυτήν. Ούτε φως, ούτε σωματίδια!

Πώς μπορούμε λοιπόν να τις παρατηρήσουμε; Με την επιρροή τους στο περιβάλλοντα χώρο! Η βαρυτική ενέργειά τους είναι τεράστια, επειδή η μάζα τους είναι συγκεντρωμένη σε μια πολύ μικρή περιοχή. Αυτή η ενέργεια μπορεί να απελευθερωθεί με τη μορφή βαρυτικών κυμάτων.

Τα κύματα βαρύτητας παρατηρήθηκαν για πρώτη φορά το Σεπτέμβριο του 2015. Απελευθερώθηκαν κατά τη σύγκρουση δύο μαύρων τρυπών.

Νετρίνα

Τα νετρίνα είναι στοιχειώδη σωματίδια χωρίς φορτίο και με μια μικρή, μέχρι τώρα απροσδιόριστη μάζα. Αλληλοεπιδρούν τόσο λίγο με την ύλη, που είναι δύσκολο να ανιχνευθούν. Μερικά γιγαντιαία πειράματα έχουν κατασκευαστεί στη Γη για την ανίχνευση νετρίνων.

Τα νετρίνα δημιουργούνται από πυρηνικές αντιδράσεις, όπως εκείνες που λαμβάνουν χώρα στον πυρήνα ενός αστεριού ή σε πυρηνικά πειράματα. Στις εκρήξεις υπερκαινοφανών, περισσότερο από το 99% της ενέργειας μπορεί να απελευθερωθεί ως νετρίνα.

Παρά τη μικρή μάζα τους, τα νετρίνα μπορεί να είναι τόσο πολυάριθμα ώστε να επηρεάσουν την ιστορία του Σύμπαντος.

Δεξιά: Το Παρατηρητήριο IceCube για νετρίνα. Χιλιάδες αισθητήρες έχουν τοποθετηθεί κάτω από τον πάγο της Ανταρκτικής, κατανεμημένοι σε ένα κυβικό χιλιόμετρο για την ανίχνευση νετρίνων.



Αστέρες νετρονίων

Όταν ένα αστέρι με μάζα μεταξύ 8 και 30 ηλιακών μαζών εκρήγνυται ως υπερκαινοφανής, σχηματίζεται ένα αστέρι νετρονίων.

Είναι τόσο πυκνό ώστε ένα κουταλάκι του γλυκού ζυγίζει ένα δισεκατομμύριο τόνους!

Οι αστέρες νετρονίων αποτελούνται κυρίως από νετρόνια. Περιστρέφονται μέχρι μερικές εκατοντάδες φορές το δευτερόλεπτο,

επιταχύνοντας τα σωματίδια στην ατμόσφαιρα τους περίπου με την ταχύτητα του φωτός, δημιουργώντας μια στενή δέσμη ακτινοβολίας. Σε ορισμένες περιπτώσεις, αυτή η δέσμη σαρώνει τη Γη, καθιστώντας αυτά τα αστέρια ανιχνεύσιμα ως πάλσαρ*.

Ο ταχύτερος πάλσαρ, PSR J1748-2446ad, περιστρέφεται 716 φορές το δευτερόλεπτο!

Κατά τη δημιουργία αστέρων νετρονίων από εκρήξεις υπερκαινοφανών, εκτός από το φως, εκπέμπεται και μία τεράστια ροή νετρίνων με σχεδόν την ταχύτητα του φωτός. Ορισμένα από αυτά παρατηρούνται στη Γη.

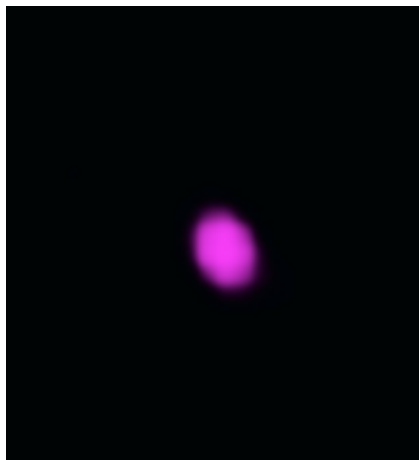


Αριστερά: Το διαστημικό τηλεσκόπιο ακτίνων-γ, Fermi, το οποίο ανιχνεύει ακτινοβολία-γ, η οποία έχει τη μέγιστη δυνατή ενέργεια, ένα εκατομμύριο

φορές μεγαλύτερη από το ορατό φως.

Στις 17 Αυγούστου 2017, το τηλεσκόπιο Fermi ανίχνευσε μία ισχυρή έκρηξη ακτίνων-γ, Gamma Ray Burst (GRB), διάρκειας μόλις 1,7 δευτερολέπτων, λίγο μετά την ανίχνευση ενός βαρυτικού κύματος από γήινα παρατηρητήρια. Και τα δύο αυτά σήματα προέρχονταν από το ίδιο γεγονός: τη συγχώνευση δύο αστέρων νετρονίων, 130 εκατομμύρια έτη φωτός μακριά. Αργότερα, αυτό το γεγονός παρατηρήθηκε σε ακτίνες Χ, υπεριώδη ακτινοβολία και σε άλλες περιοχές του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος.

Δεξιά: Το ίδιο GRB παρατηρήθηκε σε ακτίνες Χ από το διαστημικό παρατηρητήριο Space Chandra, 9 ημέρες μετά την ανίχνευση της ακτινοβολίας-γ.



Εκρήξεις ακτίνων-γ

Οι εκρήξεις ακτίνων-γ (GRB) είναι τα πιο ισχυρά ηλεκτρομαγνητικά γεγονότα που γνωρίζουμε στο Σύμπαν. Η ενέργεια που απελευθερώνεται, κυρίως ως ακτινοβολία-γ *, μπορεί να υπερβεί κατά χίλιες φορές την ενέργεια ενός υπερκαινοφανούς.

Ανακαλύφθηκαν πριν από πενήντα χρόνια. Η φυσική τους δεν είναι ακόμα πλήρως κατανοητή.

Τα GRBs μπορεί να είναι σύντομης διάρκειας (από μερικές δεκάδες χιλιοστά του δευτερολέπτου έως λίγα δευτερόλεπτα) ή μεγάλης διάρκειας (από δευτερόλεπτα έως ώρες). Τα μεγάλης διάρκειας GRBs συνδέονται με εκρήξεις υπερκαινοφανών αστέρων. Τα σύντομα GRBs εικάζεται ότι προέρχονται από τη συγχώνευση δύο αστέρων νετρονίων ή ενός αστερά νετρονίων και μιας μαύρης τρύπας. Διαστημικά τηλεσκόπια ανιχνεύουν σχεδόν ένα GRB την ημέρα.

*Βλέπε TUIMP 2



Καλλιτεχνική απεικόνιση των διαδοχικών διασπάσεων των κοσμικών ακτίνων στην ατμόσφαιρα της Γης. Η αλληλεπίδραση με τα ατμοσφαιρικά μόρια, παράγει ένα καταιονισμό στοιχειωδών σωματιδίων. Μερικά από αυτά τα σωματίδια μπορεί να καταλήξουν σε μερικούς από τις χιλιάδες ανιχνευτές που αναπτύσσονται από επιστήμονες σε πλέγματα που καλύπτουν πολλές χιλιάδες τετραγωνικά χιλιόμετρα. Μετά από έναν αιώνα πολυάριθμων πειραμάτων, τα μέχρι σήμερα επιστημονικά δεδομένα οδηγούν στο συμπέρασμα ότι ένα σημαντικό ποσοστό κοσμικών ακτίνων προέρχεται εκτός του Γαλαξία μας, από εκρήξεις υπερκαινοφανών ή από Ενεργούς Γαλαξιακούς Πυρήνες *.

*Βλέπε TUIMP 6

Όχι μόνο φωτόνια, νετρίνα και βαρυτικά κύματα προσπίπτουν στη Γη από το Διάστημα. Το υψηλής ενέργειας Σύμπαν, μας στέλνει επίσης φορτισμένα σωματίδια, κυρίως πρωτόνια, αλλά και ηλεκτρόνια και πυρήνες ατόμων τα οποία συλλήβδην ονομάζονται κοσμικές ακτίνες. Δισεκατομμύρια δισεκατομμυρίων σωματίδια κοσμικών ακτίνων βομβαρδίζουν τη Γη από το Διάστημα κάθε δευτερόλεπτο.

Παρόλο που ανακαλύφθηκαν στις αρχές του 20ου αιώνα, η προέλευσή τους εξακολουθεί να είναι αβέβαιη.

Τα σωματίδια των κοσμικών ακτίνων συχνά μεταφέρουν τεράστιες ενέργειες και ταξιδεύουν σχεδόν με την ταχύτητα του φωτός. Σε ακραίες περιπτώσεις, η κινητική ενέργειά τους μπορεί να είναι δισεκατομμύρια δισεκατομμυρίων φορές μεγαλύτερη από την ενέργεια της μάζας ηρεμίας τους.



Τεστ



Ποιες από αυτές τις εικόνες **δεν** σχετίζονται με φαινόμενα υψηλής ενέργειας του Σύμπαντος;



Λύσεις στην προηγούμενη σελίδα





Απεικόνιση που δείχνει τη σύγκρουση μεταξύ δύο μαύρων τρυπών

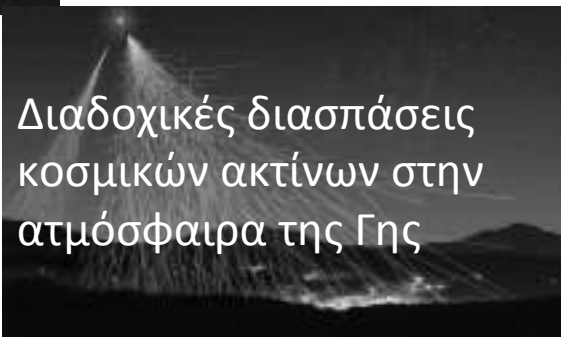
Τα πέντε φωτεινότερα αστέρια του αστερισμού της Κασσιόπης είναι 1000 φορές πιο φωτεινά από τον Ήλιο.

Η οπτική φωτεινότητα δεν συμπεριλαμβάνεται στις υψηλές ενέργειες!

Η έκρηξη GW170817 που παρατηρήθηκε από το διαστημικό τηλεσκόπιο Chandra σε ακτίνες Χ.



Ο υπερκαινοφανής 2010ld.



Διαδοχικές διασπάσεις κοσμικών ακτίνων στην ατμόσφαιρα της Γης

Το Σύμπαν στο τσεπάκι μου Αρ. 9

Το μικρό αυτό βιβλιαράκι συντάχτηκε το 2019 από τη Mimoza Hafizi, Πανεπιστήμιο Τιράνων (Αλβανία) και αναθεωρήθηκε από τον Stan Kurtz, UNAM Ινστιτούτο Ράδιο Αστρονομίας, Morelia (Μεξικό).

Εικόνα εξωφύλλου: Καλλιτεχνική απεικόνιση συγχώνευσης δύο αστέρων νετρονίων. [Πηγή: NSF/LIGO/Sonoma State University/A. Simonnet]



Για να μάθετε περισσότερα σχετικά με τις εκδόσεις και τα θέματα που παρουσιάζονται στο βιβλιαράκι επισκεφθείτε την ιστοσελίδα: <http://www.tuimp.org>

Μετάφραση: Γιάννης Σειραδάκης
TUIMP Creative Commons

