

Το Σύμπαν στην τσέπη μου



Μαύρες τρύπες

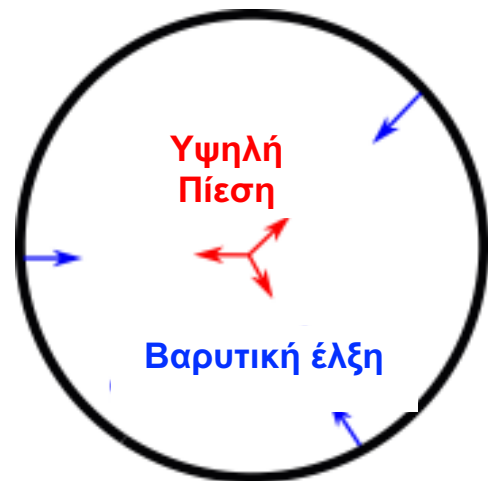


Frédéric Vincent
Παρατηρητήριο του Παρισιού



Η **τεράστια πίεση** στο κέντρο ενός άστρου ωθεί προς τα έξω **όπως ο ατμός σε μια κατσαρόλα με βραστό νερό.**

Η βαρύτητα τείνει να κάνει τα εξωτερικά τμήματα του άστρου να πέφτουν προς το κέντρο του, όπως ακριβώς ένα μήλο πέφτει από το δέντρο λόγω της έλξης της Γης.



Ένα αστέρι βρίσκεται σε ισορροπία μεταξύ της εξωτερικής δράσης της **θερμικής πίεσης** και της εσωτερικής δράσης της **βαρύτητας.**

2

Η ισορροπία ενός αστεριού

Ένα αστέρι ισορροπεί ανάμεσα σε δύο αντίθετες τάσεις.

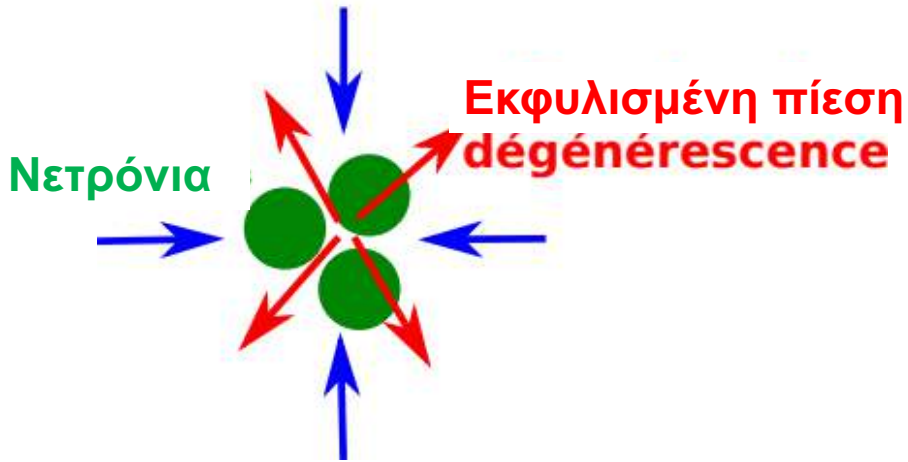
Οι **πυρηνικές αντιδράσεις** στο κέντρο του άστρου (σύντηξη του υδρογόνου σε ήλιο, σύντηξη του ηλίου σε άνθρακα κ.λπ. βλέπε ΤΥΙΜΡ 14) θερμαίνουν την ύλη και έτσι της προσδίδουν μια πολύ υψηλή πίεση που τείνει να επεκτείνει το άστρο (όπως οι υδρατμοί κάτω από το καπάκι ενός θερμαινόμενου τηγανιού).

Η **βαρύτητα** προκαλεί την έλξη των εξωτερικών τμημάτων του άστρου προς το κέντρο του, γεγονός που τείνει να συστέλλει το άστρο.

Αυτές οι δύο τάσεις εξισορροπούν ακριβώς η μία την άλλη για το μεγαλύτερο μέρος της ζωής του αστέρα. Τι συμβαίνει όμως όταν τα εσωτερικά καύσιμα του άστρου εξαντληθούν;

3

Gravitation



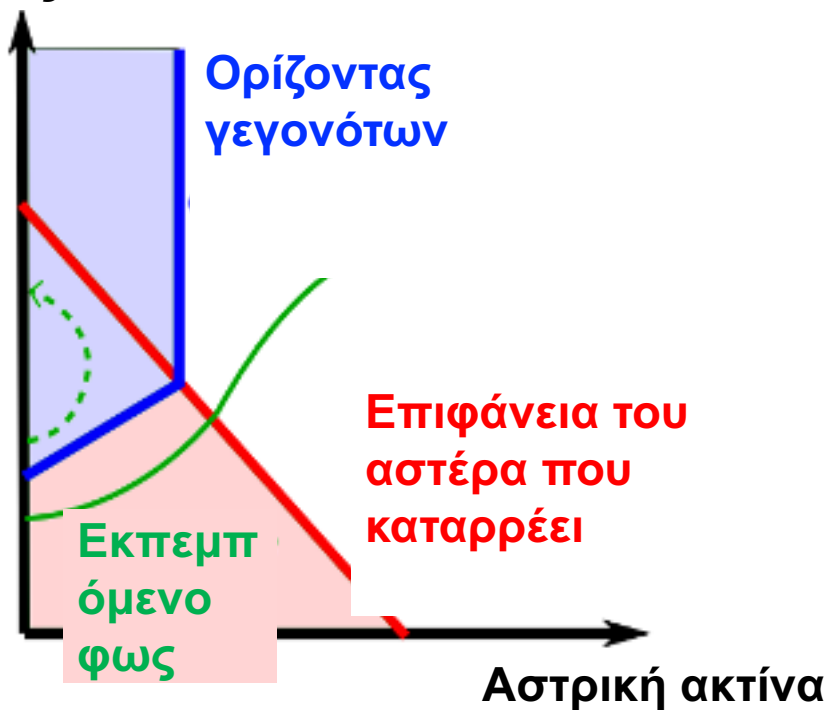
Ελλείψει πυρηνικών καυσίμων, η βαρύτητα προκαλεί την κατάρρευση του άστρου, η οποία οδηγεί σε πολύ ισχυρή συμπίεση της ύλης του άστρου. Η κβαντομηχανική αποκαλύπτει τότε μια νέα μορφή πίεσης, γνωστή ως εκφυλισμός, η οποία αυξάνεται όσο αυξάνεται η συμπίεση. Αναπτύσσεται έτσι ένας νέος αντίπαλος για να αντιμετωπίσει τη βαρύτητα, αφού η θερμική πίεση δεν επαρκεί πλέον για να στηρίξει το άστρο. Ωστόσο, αν το άστρο έχει αρκετή μάζα, η βαρύτητα τελικά νικά και η κατάρρευση συνεχίζεται μέχρι να σχηματιστεί μια μαύρη τρύπα.

Το τέλος της ζωής ενός αστέρα μεγάλης

Όταν όλα τα καύσιμα έχουν εξαντληθεί στον πυρήνα του άστρου, η ισορροπία πίεσης-βαρύτητας σπάει. Η βαρύτητα επικρατεί όταν η θερμική πίεση δεν είναι πλέον αρκετά υψηλή για να υποστηρίξει το βάρος του άστρου. Τότε το άστρο καταρρέει.

Αν το άστρο είναι τεράστιο (πάνω από περίπου 10 ηλιακές μάζες), συνεχίζει να καταρρέει μέχρι να εμφανιστεί μια εξωτική μορφή πίεσης που ονομάζεται "πίεση εκφυλισμού νετρονίων" και καταπολεμά την κατάρρευση. Τελικά, το άστρο εκρήγνυται ως υπερκαινοφανής, ανατινάζοντας τα εξωτερικά στρώματά του. Αν ο εναπομείνας αστρικός πυρήνας έχει περίπου δύο ηλιακές μάζες, ο πυρήνας θα παραμείνει ως αστέρας νετρονίων. Αν όμως ο πυρήνας έχει μεγαλύτερη μάζα, τότε ούτε ο εκφυλισμός των νετρονίων δεν μπορεί να προσφέρει αρκετή πίεση για να εξουδετερώσει τη βαρύτητα και το άστρο θα καταρρεύσει σε μαύρη τρύπα.

Χρόνος

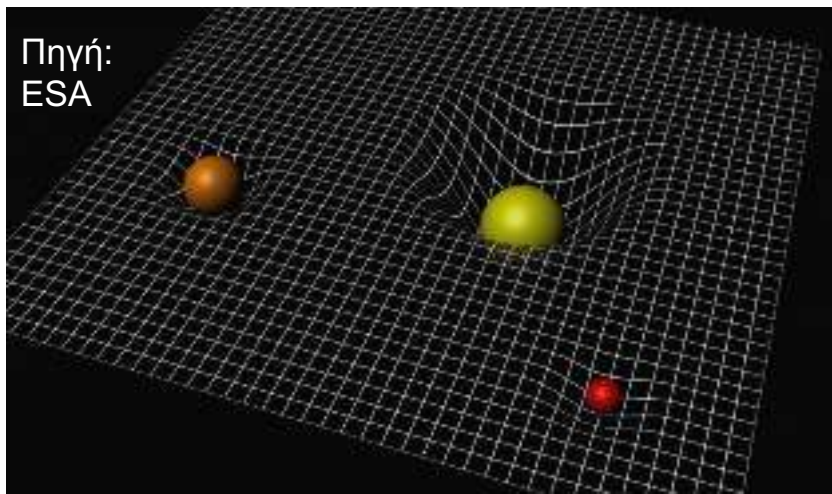


Σχηματισμός μιας μαύρης τρύπας

Φανταστείτε ένα φωτόνιο (σωματίδιο φωτός) που εκπέμπεται από το κέντρο του αστέρα που καταρρέει. Αρχικά, αυτό το φωτόνιο μπορεί να διαφύγει από το αστέρι. Ωστόσο, σε ένα πολύ προχωρημένο στάδιο της κατάρρευσης του άστρου, αν και το φωτόνιο αρχίζει να απομακρύνεται, σύντομα θα αναγκαστεί να επιστρέψει προς το κέντρο του άστρου. Γιατί; Επειδή γεννιέται μια νέα δομή του χωροχρόνου, που ονομάζεται ορίζοντας γεγονότων. Αυτό σηματοδοτεί τη δημιουργία της μαύρης τρύπας. Το φως που εκπέμπεται μέσα στον ορίζοντα γεγονότων υπόκειται σε τόσο ακραία βαρύτητα που παγιδεύεται μέσα στον ορίζοντα. Μια μαύρη τρύπα είναι "μαύρη" με την έννοια ότι το φως δεν μπορεί να διαφύγει από αυτήν.

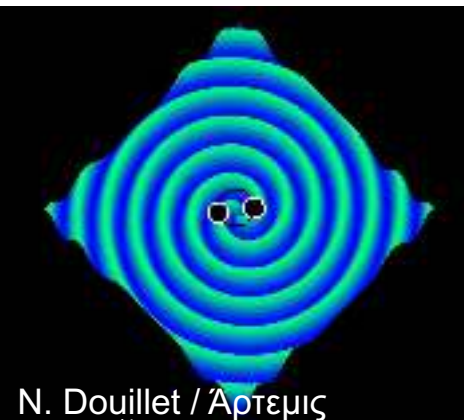
Αυτό το διάγραμμα αντιπροσωπεύει το μέγεθος του αστέρα που καταρρέει (κόκκινο τμήμα του διαγράμματος, το οποίο μειώνεται με το χρόνο από κάτω προς τα πάνω). Σε ένα ορισμένο στάδιο της κατάρρευσης, εμφανίζεται ο ορίζοντας γεγονότων και μεγαλώνει στο τελικό του μέγεθος (μπλε τμήμα του διαγράμματος). Το φως που εκπέμπεται έξω από τον ορίζοντα μπορεί να διαφύγει (πράσινη συνεχής γραμμή τροχιάς), αλλά το φως που εκπέμπεται κάτω από τον ορίζοντα (πράσινη διακεκομμένη γραμμή τροχιάς) παγιδεύεται εκεί. Η μαύρη τρύπα είναι το μπλε μέρος του διαγράμματος.

Πηγή:
ESA



Η παρουσία αντικειμένων με μάζα παραμορφώνει τον χωροχρόνο στην περιοχή τους. Εάν τα αντικείμενα αυτά είναι στατικά, η παραμόρφωση αυτή δεν θα εξελιχθεί.

Αν τα αντικείμενα αυτά είναι μαύρες τρύπες που περιστρέφονται μεταξύ τους, η παραμόρφωση διαδίδεται όπως οι κυματισμοί στην επιφάνεια μιας λίμνης στην οποία έχει ριφθεί μια πέτρα, αλλά ταξιδεύοντας με ταχύτητα



N. Douillet / Άρτεμις

την ταχύτητα του φωτός: Αυτά είναι τα βαρυτικά κύματα. Το παραπάνω σχήμα δείχνει την εκπομπή αυτών των κυμάτων από ένα ζεύγος μελανών οπών που περιστρέφονται η μία γύρω από την άλλη.

Βαρυτικά κύματα

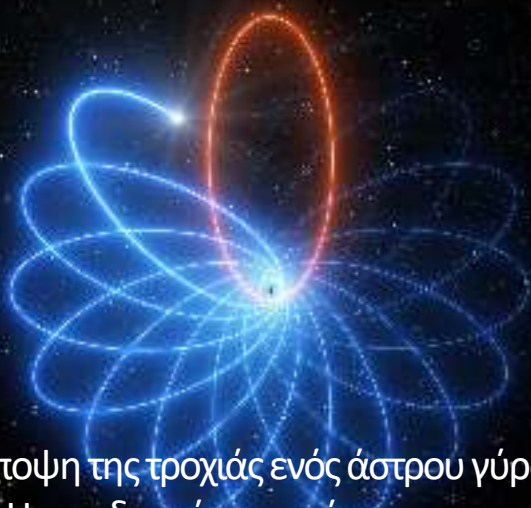
Οι μαύρες τρύπες μπορούν να υπάρχουν σε ζεύγη: τα δύο μέλη του ζεύγους θα περιφέρονται το ένα γύρω από το άλλο και θα εκπέμπουν βαρυτικά κύματα.

Φανταστείτε ένα στρώμα ζελέ με ένα βατόμουρο από πάνω: το βατόμουρο θα παραμορφώσει ελαφρώς την επιφάνεια του ζελέ. Ένα άλλο βατόμουρο τοποθετημένο δίπλα του προσθέτει τη δική του παραμόρφωση. Αν περιστρέψετε τα βατόμουρα το ένα γύρω από το άλλο, οι γραμμές παραμόρφωσης θα εξαπλωθούν στο ζελέ.

Ομοίως, τα βαρυτικά κύματα είναι κυματισμοί παραμόρφωσης του χωροχρόνου που προκαλούνται από κινούμενες μαύρες τρύπες. Τέτοιοι κυματισμοί ανιχνεύθηκαν για πρώτη φορά στη Γη το 2016. Παρέχουν ένα πολύ πολύτιμο μέσο για τον προσδιορισμό των ιδιοτήτων των μαύρων τρυπών. Για την ανίχνευση αυτή απονεμήθηκε το βραβείο Νόμπελ Φυσικής του 2017.



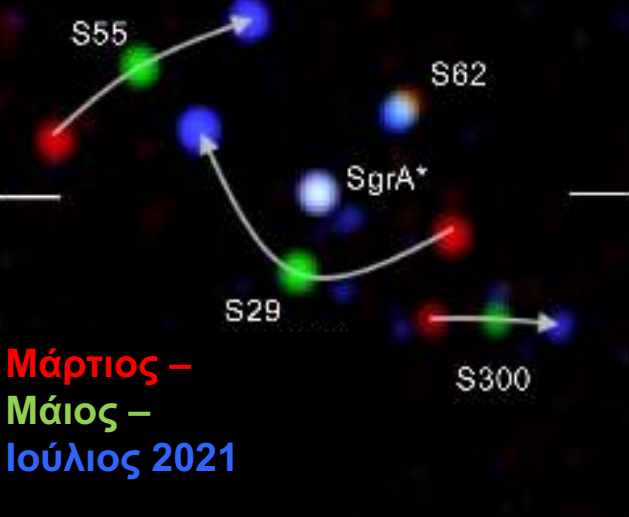
Δίσκος συσσώρευσης: περιστρέφεται γύρω από μια μαύρη τρύπα, εκπέμποντας φως.



Καλλιτεχνική άποψη της τροχιάς ενός άστρου γύρω από μια μαύρη τρύπα. Η σταδιακή μετατόπιση της τροχιάς προκαλείται από την εξαιρετικά ισχυρή βαρύτητα της μαύρης

Μαύρες τρύπες και περιβάλλουσα ύλη

Αν και μια μαύρη τρύπα είναι μαύρη, δεν ισχύει το ίδιο για την ύλη που την περιβάλλει. Μια μαύρη τρύπα δεν είναι ένας μεγάλος κοσμικός σκουπιδοκαθαριστής: η ύλη θα τεθεί σε τροχιά γύρω από τη μαύρη τρύπα και θα δημιουργήσει ένα δίσκο προσαύξεσης. Αυτοί οι δίσκοι εκπέμπουν άφθονη ακτινοβολία σε όλα τα μήκη κύματος, η οποία σηματοδοτεί την παρουσία της μαύρης τρύπας. Επιπλέον, τα αστέρια μπορούν να περιφέρονται γύρω από μια μαύρη τρύπα και οι τροχιές τους θα δείξουν επίσης την παρουσία του συμπαγούς αντικειμένου. Όπως και τα βαρυτικά κύματα, το φως που εκπέμπεται κοντά σε μια μαύρη τρύπα και οι τροχιές των κοντινών άστρων είναι χρήσιμοι ανιχνευτές για τη μελέτη των ιδιοτήτων της μαύρης τρύπας.



Κίνηση τεσσάρων αστέρων κοντά στην υπερμεγέθη μαύρη τρύπα SgrA* στο κέντρο του Γαλαξία μας. Το κεντρικό λευκό σημείο αντιστοιχεί στην ακτινοβολία προσαύξεσης που περιβάλλει τον SgrA*.

Υπερμεγέθεις μαύρες τρύπες

Εκτός από τις μαύρες τρύπες που δημιουργούνται από την κατάρρευση αστέρων μεγάλης μάζας, υπάρχουν "υπερμεγέθεις" μαύρες τρύπες στα κέντρα των γαλαξιών.

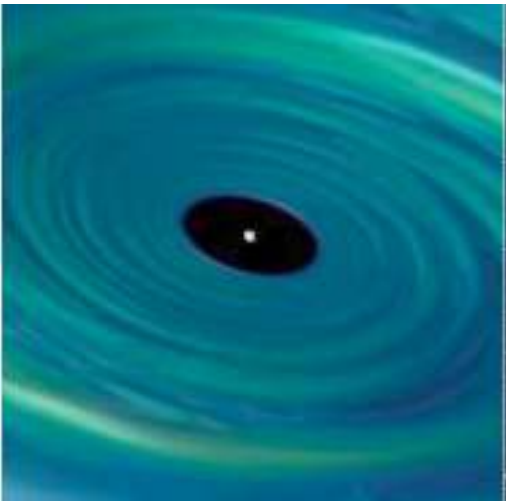
Το βραβείο Νόμπελ του 2020 απονεμήθηκε για τη μελέτη των τροχιών των άστρων που καταλαμβάνουν την πιο κεντρική περιοχή του Γαλαξία μας, αποκαλύπτοντας την ύπαρξη μιας μάζας 4 εκατομμύρια φορές μεγαλύτερης από τη μάζα του Ήλιου, συγκεντρωμένης σε μια περιοχή όχι μεγαλύτερη από το ηλιακό μας σύστημα.

Περαιτέρω παρατηρήσεις του γαλαξία Messier 87 το 2019 έδωσαν την πρώτη εικόνα της άμεσης γειτονιάς μιας άλλης υπερμεγέθους μαύρης τρύπας, προσφέροντας ισχυρή υποστήριξη για την ύπαρξη αυτών των εξαιρετικά βαριών αντικειμένων.



Εικόνα της πιο κεντρικής περιοχής του δίσκου προσαύξεσης που περιβάλλει την υπερμεγέθη μαύρη τρύπα στο κέντρο του γαλαξία M87

QUIZ



Προσομοίωση ενός δίσκου προσαύξησης γύρω από ένα μαύρη τρύπα (Owen & Blondin, 2005).

Παρατηρημένη εικόνα του δίσκου προσαύξησης στο κέντρο του γαλαξία M87 (EHT Collaboration 2019).



Ποιο από αυτά εικόνες είναι η αποτέλεσμα μιας παρατήρηση;

Προσομοίωση της το φόντο του ουρανού του Γαλαξία μας με μια μαύρη τρύπα στο προσκήνιο (Riazuelo 2009).

Απάντηση



Απάντηση στο πίσω μέρος

Προσομοίωση ενός δίσκου προσαύξησης που περιβάλλει μια μαύρη τρύπα στο κέντρο του γαλαξία M87 (Vincent et al. 2019).

Προσομοίωση ενός δίσκου συσσώρευσης που περιβάλλει μια σκουληκότρυπα στο κέντρο του Γαλαξία μας (Lamy et al. 2018).

Το Σύμπαν στην τσέπη μου Νο 17

Αυτό το φυλλάδιο γράφτηκε το 2022 από τον Frédéric Vincent από το Παρατηρητήριο του Παρισιού (Γαλλία) και αναθεωρήθηκε από τον Eric Gourgoulhon, επίσης από το Παρατηρητήριο του Παρισιού και τον Stan Kurtz (UNAM, Μεξικό).

Εικόνα εξωφύλλου: προσομοίωση από τον Alain Riazuelo (Ινστιτούτο Αστροφυσικής του Παρισιού) ενός ουρανού του Γαλαξία μας με μια μαύρη τρύπα στο προσκήνιο.



Για να μάθετε περισσότερα για τη συλλογή αυτή και τα θέματα που παρουσιάζονται στο παρόν φυλλάδιο, μπορείτε να επισκεφθείτε τη διεύθυνση <http://www.tuimp.org>.

Μετάφραση: Γ. Πανοπούλου
TUIMP Creative Commons

