



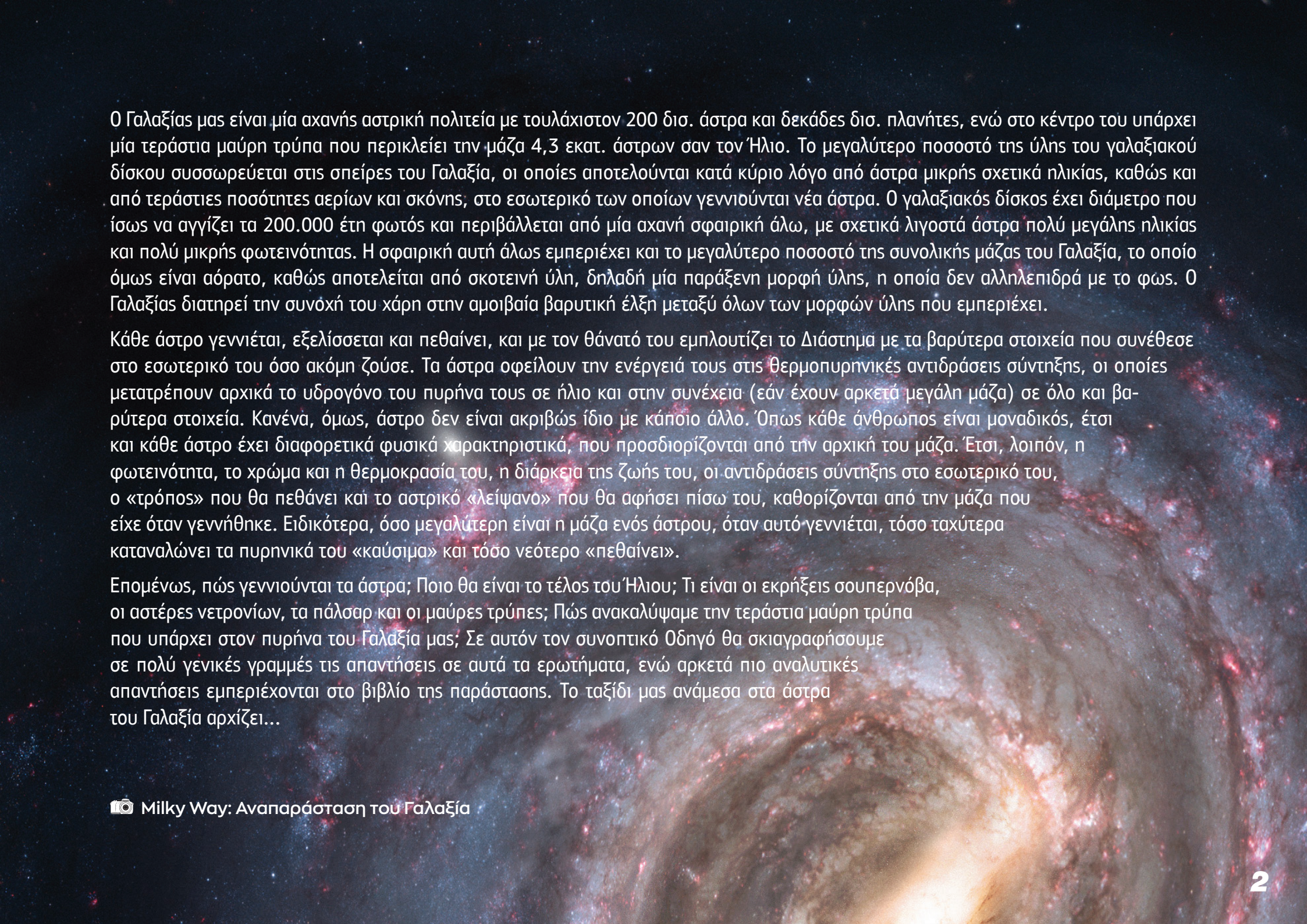
ΙΔΡΥΜΑ ΕΥΓΕΝΙΔΕΙΟΥ
ΝΕΟ ΨΗΦΙΑΚΟ ΠΛΑΝΗΤΑΡΙΟ

Συνοπτικός Οδηγός για Μαθητές

ΤΑΞΙΔΙ ΣΤΟΝ ΓΑΛΑΞΙΑ

ΑΛΕΞΗ Α. ΔΕΛΗΒΟΡΙΑ

Αστρονόμου Ευγενιδείου Πλανηταρίου



Ο Γαλαξίας μας είναι μία αχανής αστρική πολιτεία με τουλάχιστον 200 δισ. άστρα και δεκάδες δισ. πλανήτες, ενώ στο κέντρο του υπάρχει μία τεράστια μαύρη τρύπα που περικλείει την μάζα 4,3 εκατ. άστρων σαν τον Ήλιο. Το μεγαλύτερο ποσοστό της ύλης του γαλαξιακού δίσκου συσσωρεύεται στις σπείρες του Γαλαξία, οι οποίες αποτελούνται κατά κύριο λόγο από άστρα μικρής σχετικά ηλικίας, καθώς και από τεράστιες ποσότητες αερίων και σκόνης, στο εσωτερικό των οποίων γεννιούνται νέα άστρα. Ο γαλαξιακός δίσκος έχει διάμετρο που ίσως να αγγίζει τα 200.000 έτη φωτός και περιβάλλεται από μία αχανή σφαιρική άλω, με σχετικά λιγοστά άστρα πολύ μεγάλης ηλικίας και πολύ μικρής φωτεινότητας. Η σφαιρική αυτή άλως εμπεριέχει και το μεγαλύτερο ποσοστό της συνολικής μάζας του Γαλαξία, το οποίο όμως είναι αόρατο, καθώς αποτελείται από σκοτεινή ύλη, δηλαδή μία παράξενη μορφή ύλης, η οποία δεν αλληλεπιδρά με το φως. Ο Γαλαξίας διατηρεί την συνοχή του χάρη στην αμοιβαία βαρυτική έλξη μεταξύ όλων των μορφών ύλης που εμπεριέχει.

Κάθε άστρο γεννιέται, εξελίσσεται και πεθαίνει, και με τον θάνατό του εμπλουτίζει το Διάστημα με τα βαρύτερα στοιχεία που συνέθεσε στο εσωτερικό του όσο ακόμη ζούσε. Τα άστρα οφείλουν την ενέργειά τους στις θερμοπυρηνικές αντιδράσεις σύντηξης, οι οποίες μετατρέπουν αρχικά το υδρογόνο του πυρήνα τους σε ήλιο και στην συνέχεια (εάν έχουν αρκετά μεγάλη μάζα) σε όλο και βαρύτερα στοιχεία. Κανένα, όμως, άστρο δεν είναι ακριβώς ίδιο με κάποιο άλλο. Όπως κάθε άνθρωπος είναι μοναδικός, έτσι και κάθε άστρο έχει διαφορετικά φυσικά χαρακτηριστικά, που προσδιορίζονται από την αρχική του μάζα. Έτσι, λοιπόν, η φωτεινότητα, το χρώμα και η θερμοκρασία του, η διάρκεια της ζωής του, οι αντιδράσεις σύντηξης στο εσωτερικό του, ο «τρόπος» που θα πεθάνει και το αστρικό «λείψανο» που θα αφήσει πίσω του, καθορίζονται από την μάζα που είχε όταν γεννήθηκε. Ειδικότερα, όσο μεγαλύτερη είναι η μάζα ενός άστρου, όταν αυτό γεννιέται, τόσο ταχύτερα καταναλώνει τα πυρηνικά του «καύσιμα» και τόσο νεότερο «πεθαίνει».

Επομένως, πώς γεννιούνται τα άστρα; Ποιο θα είναι το τέλος του Ήλιου; Τι είναι οι εκρήξεις σουπερνόβα, οι αστέρες νετρονίων, τα πάσσαρ και οι μαύρες τρύπες; Πώς ανακαλύψαμε την τεράστια μαύρη τρύπα που υπάρχει στον πυρήνα του Γαλαξία μας; Σε αυτόν τον συνοπτικό Οδηγό θα σκιαγραφήσουμε σε πολύ γενικές γραμμές τις απαντήσεις σε αυτά τα ερωτήματα, ενώ αρκετά πιο αναλυτικές απαντήσεις εμπεριέχονται στο βιβλίο της παράστασης. Το ταξίδι μας ανάμεσα στα άστρα του Γαλαξία αρχίζει...



Το νεφέλωμα του Ωρίωνα

ΑΣΤΡΙΚΑ ΜΑΙΕΥΤΗΡΙΑ

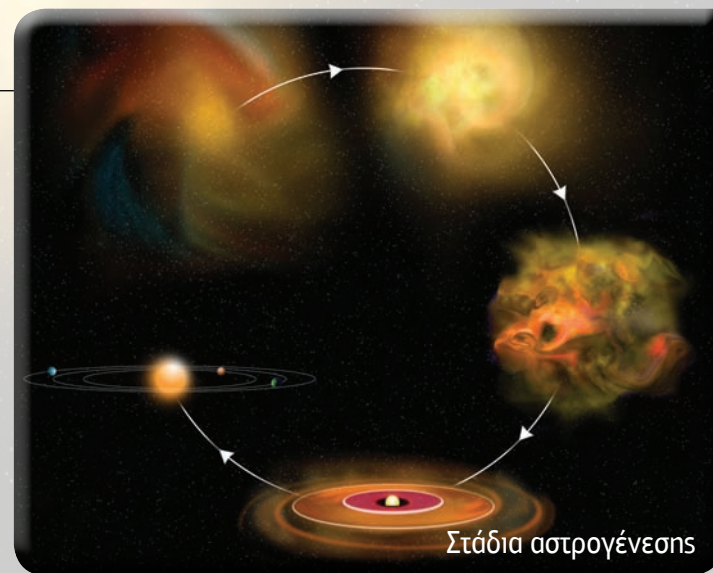
Οι αστρικές αποστάσεις είναι τεράστιες. Το μεσοαστρικό Διάστημα, όμως, δεν είναι κενό από ύλη. Ανάμεσα στα άστρα του Γαλαξία «διαχέεται» ένα αραιό μείγμα αερίων και σκόνης, που ονομάζεται **μεσοαστρική ύλη**. Με θερμοκρασία περίπου $-223\text{ }^{\circ}\text{C}$, και με έκταση που αγγίζει τα 600 έτη φωτός, οι μεγαλύτερες συγκεντρώσεις αερίων και σκόνης συγκροτούν τα **γιγάντια μοριακά νέφη**, τα οποία αποτελούνται κυρίως από μοριακό υδρογόνο. Τα νέφη αυτά, τα ψυχρότερα και πυκνότερα της μεσοαστρικής ύλης, αποτελούν τα «μαιευτήρια» των άστρων, δηλαδή τις περιοχές εντός των οποίων σχηματίζονται νέα άστρα. Τα νέφη αυτά είναι βαρυτικά ασταθή, γι' αυτό και κάθε διαταραχή στην ευρύτερη περιοχή τους, όπως είναι η έκρηξη ενός γειτονικού σουπερνόβα, θα δώσει το έναυσμα για την βαρυτική τους κατάρρευση.

ESO/J. Emerson/VISTA

ΑΣΤΡΟΓΕΝΕΣΗ

Σ' αυτή την περίπτωση, λοιπόν, ένα τέτοιο νέφος μπορεί να διασπαστεί σε μικρότερες και πυκνότερες περιοχές, οι οποίες θα καταρρεύσουν, σχηματίζοντας νέα άστρα. Κάθε περιοχή που καταρρέει βαρυτικά, στροβιλίζεται όλο και πιο γρήγορα, ενώ η θερμοκρασία και η πυκνότητα στο κέντρο της αυξάνει διαρκώς. Σταδιακά, μετατρέπεται σ' έναν περιστρεφόμενο δίσκο αερίων και σκόνης, στο κέντρο του οποίου διαμορφώνεται το «έμβρυο» του άστρου που θα γεννηθεί. Τελικά, η θερμοκρασία στον πυρήνα του «εμβρύου» αυξάνει τόσο πολύ, ώστε το υδρογόνο αρχίζει και συντήκεται σε ήλιο, εκλύοντας τεράστια ποσά ενέργειας, και ένα νέο άστρο γεννιέται. Εντωμεταξύ, τα σωματίδια της σκόνης που στροβιλίζονται γύρω του, αρχίζουν και κολλούν μεταξύ τους, σχηματίζοντας όλο και μεγαλύτερα σώματα. Έτσι, απορροφώντας με την βαρυτική τους έλξη όλο και πιο πολλή ύλη από τον δίσκο μέσα στον οποίο γεννήθηκαν, και μέσα από αλληπάλληλες συγκρούσεις και συγχωνεύσεις, σχηματίζονται όλο και μεγαλύτερα πλανητικά έμβρυα και εντέλει πλανήτες.

Bill Saxton, NRAO/AUI/NSF



Στάδια αστρογένεσης



Οι Πλειάδες

ΑΣΤΡΙΚΑ ΣΜΗΝΗ

Τα περισσότερα άστρα ανήκουν σε διπλά και τριπλά συστήματα. Υπάρχουν, όμως, ομάδες άστρων που περιλαμβάνουν πολλά περισσότερα. Τα **ανοικτά σμήνη**, όπως αυτό των Πλειάδων, απαρτίζονται συνήθως από λίγες χιλιάδες άστρα και έχουν διάμετρο περίπου 30 έτη φωτός. Τα σμήνη αυτά, όμως, διαλύονται σε λίγες εκατοντάδες εκατ. χρόνια, διότι η βαρυτική έλξη μεταξύ των άστρων που τα απαρτίζουν δεν μπορεί να διατηρήσει την συνοχή τους άθικτη για μεγαλύτερο χρονικό διάστημα. Τα **σφαιρωτά σμήνη**, αντιθέτως, εντοπίζονται στην γαλαξιακή άλω και περιλαμβάνουν αρκετές εκατοντάδες χιλιάδες άστρα πολύ μεγάλης ηλικίας, συνωστισμένα σε μία περιοχή που δεν υπερβαίνει τα 150 έτη φωτός. Η αμοιβαία βαρυτική έλξη μεταξύ των άστρων τους διασφαλίζει τη συνοχή τους για δισ. χρόνια.

NASA, ESA and the Hubble Heritage Team (STScI/AURA)-ESA/Hubble Collaboration

ΚΟΚΚΙΝΟΙ ΝΑΝΟΙ

Τα πιο μικροσκοπικά, τα πιο ψυχρά, αλλά και τα πιο πολυάριθμα άστρα είναι οι κόκκινοι νάνοι, όπως ο Εγγύτατος του Κενταύρου, το πλησιέστερο στην Γη άστρο, μετά τον Ήλιο φυσικά. Τα άστρα αυτά έχουν μάζα που σπάνια υπερβαίνει το 40% της μάζας του Ήλιου, επιφανειακή θερμοκρασία χαμηλότερη των 3.500 °C και φωτεινότητα αντίστοιχα μικρότερη. Οι κόκκινοι νάνοι συντήκουν με τόσο βραδύ ρυθμό το υδρογόνο του πυρήνα τους σε ήλιο, ώστε οι μικρότεροι από αυτούς μπορεί να «ζουν» ακόμη και για εκατοντάδες δισ. χρόνια.

 NASA/Walt Feimer


Κόκκινος νάνος

ΓΙΓΑΝΤΙΑ ΑΣΤΡΑ

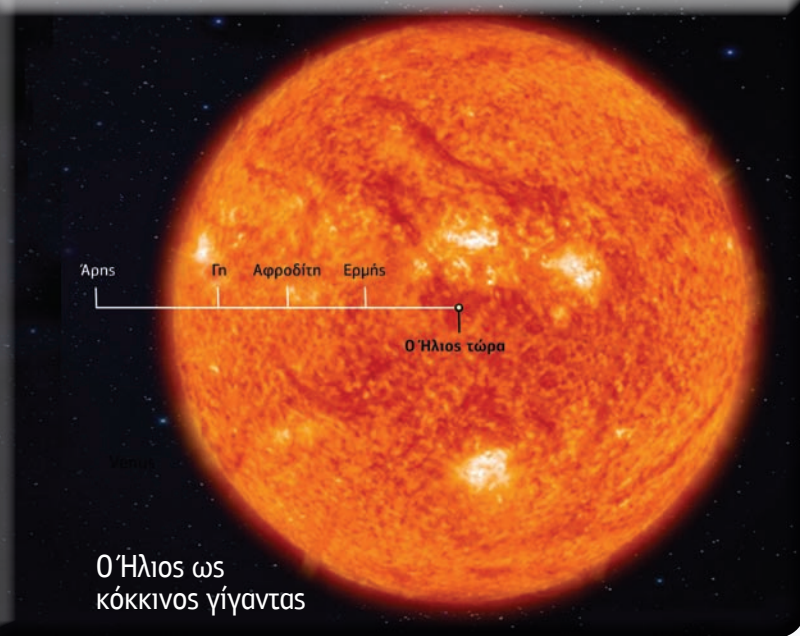
Όσο αυξάνει η μάζα και η επιφανειακή θερμοκρασία ενός άστρου, το χρώμα του «μετατοπίζεται» από το κόκκινο, το πορτοκαλί και το κίτρινο προς το άσπρο και το μπλε. Τα γιγάντια άστρα, εκείνα δηλαδή με τουλάχιστον δεκαπλάσια μάζα από αυτήν του Ήλιου, είναι ελάχιστα και καταναλώνουν σε λίγα μόλις εκατ. χρόνια, τα πυρηνικά τους «καύσιμα», όταν και εκρήγνυνται ως σουπερνόβα, εκτινάσσοντας στο Διάστημα τις «στάχτες» τους και αφήνοντας ως λείψανο είτε αστέρες νετρονίων είτε μαύρες τρύπες. Τα άστρα, όμως, με την μεγαλύτερη μάζα δεν έχουν πάντα και την μεγαλύτερη διάμετρο. Για παράδειγμα, ανακαλύψαμε στον Γαλαξία μας ένα άστρο με μάζα 152 φορές μεγαλύτερη από αυτήν του Ήλιου, αλλά με ακτίνα «μόλις» 16 φορές μεγαλύτερη. Αντιθέτως ο κόκκινος υπεργίγαντας VY Μεγάλου Κυνός έχει ακτίνα 1.420 φορές μεγαλύτερη, που σημαίνει ότι στο εσωτερικό του θα χωρούσαν 3 δισ. άστρα σαν τον Ήλιο! Η μάζα του, όμως, δεν υπερβαίνει τις 9-25 ηλιακές μάζες.

ΑΣΤΡΑ ΣΑΝ ΤΟΝ ΗΛΙΟ

Πολύ περισσότερα από τα γιγάντια άστρα, αλλά και πολύ λιγότερα από τους κόκκινους νάνους, τα άστρα που μοιάζουν με τον Ήλιο βρίσκονται κάπου στη μέση. Ο Ήλιος, ειδικότερα, είναι ένας κίτρινος νάνος, δηλαδή ένα κοινό και σχετικά συνηθισμένο άστρο του Γαλαξία, που δεν παύει ωστόσο να είναι το άστρο χωρίς το οποίο η ζωή στη Γη θα ήταν αδύνατη. Με επιφανειακή θερμοκρασία 6.000 °C, ο Ήλιος γεννήθηκε πριν από σχεδόν 5 δισ. χρόνια και θα συνεχίσει να «καίει» το υδρογόνο στον πυρήνα του για περίπου άλλα τόσα. Όταν, όμως, το υδρογόνο του εξαντληθεί, θα μετατραπεί σε κόκκινο γίγαντα και εντέλει θα εκτινάξει τις εξωτερικές του στιβάδες στο Διάστημα, αφήνοντας ως λείψανο τον υπέρθερμο πυρήνα του.

 ESO/S. Steinhöfel

Ο κύκλος της ζωής του Ήλιου



Ο Ήλιος ως
κόκκινος γίγαντας

ΟΙ ΚΟΚΚΙΝΟΙ ΓΙΓΑΝΤΕΣ

Οι κόκκινοι γίγαντες αποτελούν την εξέλιξη των άστρων που έχουν παραπλήσια μάζα με τον Ήλιο. Όταν το υδρογόνο στον πυρήνα ενός τέτοιου άστρου μετατραπεί πλήρως σε ήλιο, οι αντιδράσεις σύντηξης στο εσωτερικό του σταματούν και η θερμοκρασία του μειώνεται. Καθώς, όμως, η βαρύτητα υπερικχύει της εσωτερικής πίεσης, ο αστρικός πυρήνας συστέλλεται βαρυτικά, αυξάνοντας την θερμοκρασία του και δίνοντας έτσι το έναυσμα για την σύντηξη του υδρογόνου στην στιβάδα που τον περιβάλλει. Η νέα αυτή εκροή ενέργειας αυξάνει τη φωτεινότητα του άστρου, ενώ διογκώνει ακόμη και 100 φορές την ακτίνα του, με αποτέλεσμα τη μείωση της επιφανειακής του θερμοκρασίας και κατά συνέπεια τη μετατόπιση του χρώματός του προς το κόκκινο: δηλαδή τη μετατροπή του άστρου σε έναν **κόκκινο γίγαντα**. Ανάλογα με την αρχική του μάζα, ο πυρήνας ενός κόκκινου γίγαντα θα συσταλεί ξανά και η θερμοκρασία του θα αυξηθεί για τελευταία φορά, επιτρέποντας την σύντηξη του ηλίου που εμπεριέχει σε άνθρακα και οξυγόνο.

📷 *Ramses Ramirez, Cornell*

ΠΛΑΝΗΤΙΚΑ ΝΕΦΕΛΩΜΑΤΑ

Όταν το ήλιο του αστρικού πυρήνα μετατραπεί πλήρως σε άνθρακα και οξυγόνο, οι θερμοπυρηνικές αντιδράσεις σύντηξης στο εσωτερικό του θα «σβήσουν» για πάντα, διότι η θερμοκρασία του δεν θα αυξηθεί ποτέ στο σημείο που θα επέτρεπε να συνεχιστούν με την «καύση» του άνθρακα ή του οξυγόνου. Ο κόκκινος γίγαντας θα εκτινάξει τότε τις εξωτερικές του στιβάδες στο Διάστημα, σχηματίζοντας ένα διαστελλόμενο νέφος αερίων, το οποίο συγκρούεται με υλικά του άστρου που είχαν εκτιναχθεί σε προηγούμενες «εξάρσεις» του, σχηματίζοντας εντέλει **πλανητικά νεφελώματα**.

📷 *NASA, ESA, HEIC, and The Hubble Heritage Team (STScI/AURA)*



NGC 6543

ΛΕΥΚΟΙ ΝΑΝΟΙ

Καθώς ο κόκκινος γίγαντας εκτινάσσει τις εξωτερικές του στιβάδες στο Διάστημα, σχηματίζοντας ένα πλανητικό νεφέλωμα, «αποκαλύπτει» τον υπέρθερμο πυρήνα του, που έχει συμπιεστεί σε έναν **λευκό νάνο**: ένα ουράνιο σώμα στο μέγεθος της Γης και με μάζα συγκρίσιμη με αυτήν του Ήλιου. Ο πλησιέστερος στην Γη λευκός νάνος (Σείριος Β) ανήκει στο διπλό σύστημα του Σείριου, μόλις 8,6 έτη φωτός μακριά. Εντέλει, εκλύοντας διαρκώς θερμότητα στο Διάστημα, η θερμοκρασία του λευκού νάνου θα μειώνεται όλο και πιο πολύ, ώσπου, εκατοντάδες δισ. χρόνια αργότερα, θα μετατραπεί σε έναν παγωμένο μαύρο νάνο. Αφού όμως οι θερμοπυρηνικές αντιδράσεις σύντηξης στο εσωτερικό ενός λευκού νάνου έχουν «σβήσει» για πάντα, πού οφείλεται η εσωτερική του πίεση, η οποία αντιστέκεται στην περαιτέρω κατάρρευσή του; Η απάντηση σε αυτό το ερώτημα δίνεται μέσα στις σελίδες του βιβλίου της παράστασης [Ταξίδι στον Γαλαξία](#).

📷 *NASA, ESA and G. Bacon (STScI)*

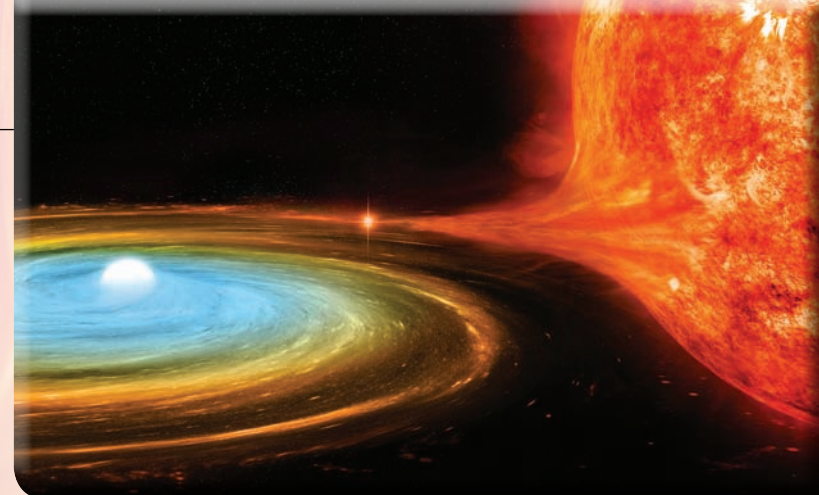


Σείριος Α (αριστερά) και Β (δεξιά)

ΣΟΥΠΕΡΝΟΒΑ ΤΥΠΟΥ Ia


Εάν, όμως, ένας λευκός νάνος ανήκει σε ένα διπλό αστρικό σύστημα, η τελική του «μοίρα» είναι διαφορετική. Χρησιμοποιώντας την ειδική θεωρία της σχετικότητας και την κβαντική φυσική, ο Ινδός αστροφυσικός S. Chandrasekhar απέδειξε ότι, εάν η μάζα του υπερβεί με κάποιον τρόπο τις 1,4 ηλιακές μάζες, τότε ο λευκός νάνος θα συνεχίσει την κατάρρευσή του. Σε ένα τέτοιο αστρικό σύστημα, λοιπόν, ο λευκός νάνος έλκει υδρογόνο από τις εξωτερικές στιβάδες του γειτονικού του άστρου, το οποίο «στοιβάζεται» στην επιφάνειά του, αυξάνοντας την μάζα του διαρκώς. Εάν αυτή η διαρκής προσθήκη ύλης «σπρώξει» την μάζα του πάνω από αυτό το όριο, τότε ο λευκός νάνος καταρρέει βίαια προς τον πυρήνα του και εντέλει εκρήγνυται και καταστρέφεται ολοκληρωτικά σε μία εκτυφλωτική έκρηξη **υπερκαινοφανούς τύπου Ia**.

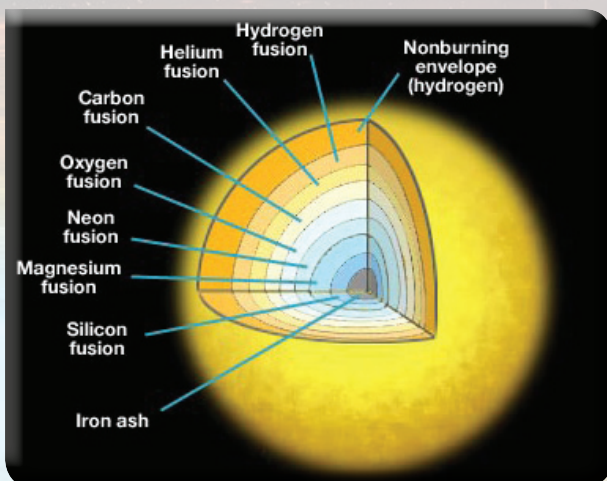
 NASA/CXC/M. Weiss




Η ΕΞΕΛΙΞΗ ΤΩΝ ΓΙΓΑΝΤΩΝ

Άστρα μεγαλύτερα των 8 ηλιακών μαζών καταναλώνουν ταχύτατα τα πυρηνικά τους «καύσιμα», συντήκοντας όλο και βαρύτερους ατομικούς πυρήνες στο εσωτερικό τους. Με την ολοκλήρωση κάθε σταδίου σύντηξης, οι πυρηνικές αντιδράσεις σταματούν και, καθώς η βαρύτητα κυριαρχεί, ο αστρικός πυρήνας συστέλλεται, αυξάνοντας την θερμοκρασία του σε επίπεδα που δίνουν το έναυσμα για την σύντηξη βαρύτερων ατομικών πυρήνων, ενώ κάθε στάδιο σύντηξης διαρκεί πολύ λιγότερο από το προηγούμενο. Εντέλει, οι αντιδράσεις σύντηξης παράγουν σίδηρο και από την στιγμή αυτή και μετά το άστρο διαθέτει ελάχιστα δευτερόλεπτα ζωής μόνο. Σταδιακά, μάλιστα, τα άστρα αυτά αποκτούν εσωτερική δομή που μοιάζει μ' αυτήν του κρεμμυδιού. Ο σιδερένιος πυρήνας τους, δηλαδή, περιβάλλεται από στιβάδες, όπου πραγματοποιούνται διαφορετικές πυρηνικές αντιδράσεις, όπως φαίνεται στην εικόνα.

 Penn State Astronomy & Astrophysics

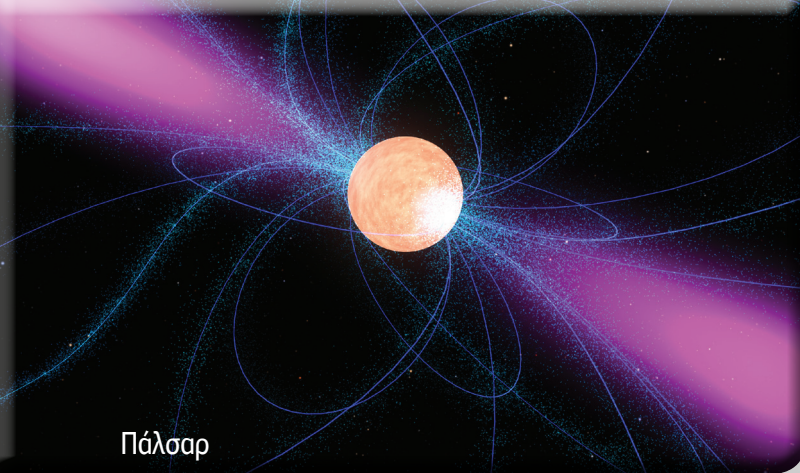


ΣΟΥΠΕΡΝΟΒΑ ΤΥΠΟΥ II

Όταν ο αστρικός πυρήνας μετατραπεί πλήρως σε σίδηρο, οι πυρηνικές αντιδράσεις στο εσωτερικό του σταματούν, διότι δεν είναι ενεργειακά εφικτό να συντηχθεί ο σίδηρος σε βαρύτερα στοιχεία. Ο πυρήνας τότε υφίσταται μία σχεδόν ακαριαία ενδόρρηξη, εκλύοντας ασύλληπτα ποσά ενέργειας. Εντέλει μετατρέπεται σε μία συμπαγή και υπέρπυκνη σφαίρα από νετρόνια, με μάζα μεγαλύτερη από αυτήν του Ήλιου, συμπιεσμένη σε μία σφαίρα με διάμετρο λίγων μόνο χιλιομέτρων. Την ίδια στιγμή, οι εξωτερικές στιβάδες του άστρου, που συνεχίζουν την κατάρρευσή τους, προσκρούουν με τεράστια ταχύτητα στον συμπαγή αστρικό πυρήνα και στην συνέχεια εκτινάσσονται προς τα έξω. Η πρωτοφανής βιαιότητα της έκρηξης **υπερκαινοφανούς τύπου II** που ακολουθεί, εκτινάσσει τις εξωτερικές στιβάδες του άστρου στο Διάστημα, αφήνοντας ως «λείψανο» τον υπέρπυκνο πυρήνα του, στο κέντρο ενός ταχύτατα διαστελλόμενου αέριου νεφελώματος. Στην πραγματικότητα, βέβαια, ο μηχανισμός που πυροδοτεί αυτές τις εκρήξεις είναι αρκετά πιο σύνθετος και περιγράφεται με περισσότερες λεπτομέρειες στο βιβλίο της παράστασης [Ταξίδι στον Γαλαξία](#).  ESO


Το νεφέλωμα Καρκίνος





Πάλσαρ

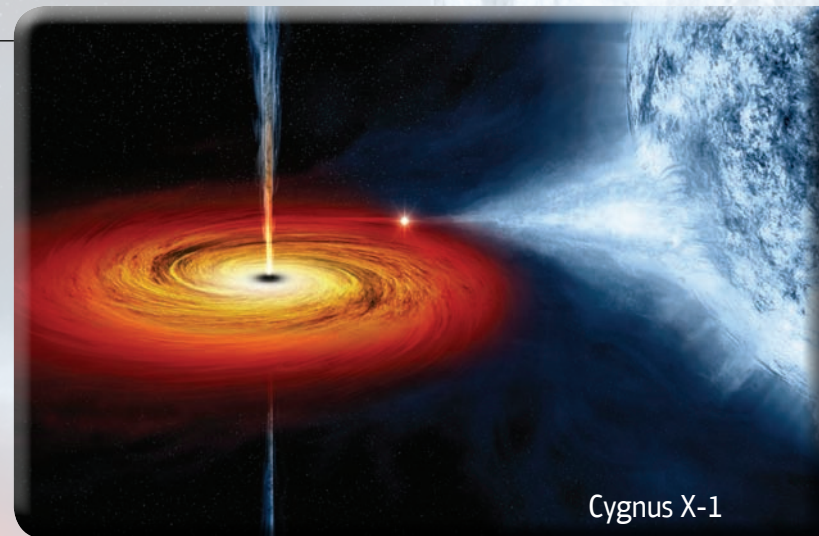
ΑΣΤΕΡΕΣ ΝΕΤΡΟΝΙΩΝ ΚΑΙ ΠΑΛΣΑΡ

Εάν ο αστρικός αυτός πυρήνας έχει μάζα μικρότερη των 3 ηλιακών μαζών, τότε η περαιτέρω συμπίεσή του σταματά και το αστρικό «λείψανο» που επιβιώνει της έκρηξης σουπερνόβα είναι αυτός ακριβώς ο πυρήνας, δηλαδή ένας ταχύτατα περιστρεφόμενος **αστέρας νετρονίων**. Αυτά τα αστρικά αντικείμενα έχουν μάζα περίπου 1,5-2 φορές μεγαλύτερη από αυτήν του Ήλιου, συμπιεσμένη σε μία σφαίρα με διάμετρο 10-20 km. Οι αστέρες νετρονίων έχουν πανίσχυρα μαγνητικά πεδία, τα οποία εστιάζουν την ακτινοβολία τους σε δύο στενές δέσμες που εκτινάσσονται από τους μαγνητικούς τους πόλους. Όταν οι μαγνητικοί πόλοι ενός αστέρα νετρονίων δεν ευθυγραμμίζονται με τον άξονα περιστροφής του, οι δέσμες ακτινοβολίας περιστρέφονται και αυτές, σαρώνοντας το Διάστημα, όπως το περιστρεφόμενο «μάτι» ενός φάρου. Εάν, λοιπόν, η ακτινοβολία ενός αστέρα νετρονίων σαρώνει στο πέρασμά της τον πλανήτη μας, την αντιλαμβανόμαστε ως μία πηγή ακτινοβολίας που αναβοσβήνει περιοδικά, δηλαδή ως ένα **πάλσαρ**.  NASA

ΑΣΤΡΙΚΕΣ ΜΑΥΡΕΣ ΤΡΥΠΕΣ


Εάν, ωστόσο, ο αστρικός πυρήνας έχει μάζα που υπερβαίνει τις 3 ηλιακές μάζες, τίποτα πλέον δεν μπορεί να αντισταθεί στην περαιτέρω βαρυτική του κατάρρευση σε μία **μαύρη τρύπα**. Σ' αυτή την περίπτωση, η ύλη που εμπεριείχε, «εξαφανίζεται» σε ένα σημείο με μηδενικό όγκο και άπειρη πυκνότητα, σε μία **ιδιομορφία** στην ίδια την υφή του χωροχρόνου, όπου οι γνωστοί νόμοι της φυσικής καταρρέουν. Η ιδιομορφία αυτή «κρύβεται» από το υπόλοιπο Σύμπαν πίσω από τον **ορίζοντα γεγονότων** της. Το μόνο που παραμένει, υποδηλώνοντας ότι εδώ υπάρχει «κάτι», είναι το βαρυτικό της πεδίο, το οποίο είναι τόσο ισχυρό, ώστε κάθε σώμα και κάθε ακτινοβολία που θα «διαβεί» αυτό το όριο της «μη επιστροφής» που ορίζει ο ορίζοντας γεγονότων, θα καθεί στο εσωτερικό της για πάντα. Γιατί πέρα απ' αυτό, η βαρυτική έλξη της μαύρης τρύπας είναι τόσο ισχυρή, ώστε και αυτό ακόμη το φως αδυνατεί να διαφύγει. Από την ίδια τους την φύση, δηλαδή, οι μαύρες τρύπες είναι αόρατες, γι' αυτό και μέχρι πρόσφατα διαθέταμε μόνο έμμεσους τρόπους για την ανίχνευσή τους, όπως συμβαίνει με το σύστημα Cygnus X-1 που αποτελείται από μία μαύρη τρύπα και έναν γαλάζιο υπεργίγαντα.

 NASA/CXC/M. Weiss



Cygnus X-1


Ο ΤΟΞΟΤΗΣ Α*

Πώς γνωρίζουμε ότι ο Γαλαξίας μας «φιλοξενεί» στον πυρήνα του μία γιγάντια μαύρη τρύπα; Αστρονομικές παρατηρήσεις καταδεικνύουν ότι ορισμένα άστρα κινούνται γύρω από τον πυρήνα του με ταχύτητες αρκετών εκατ. km/h. Γνωρίζοντας τις θέσεις και τις τροχιακές τους ταχύτητες και χρησιμοποιώντας τους νόμους του Κέπλερ, οι αστρονόμοι υπολόγισαν ότι η συνολική μάζα που περικλείεται στις τροχιές τους είναι περίπου 4,3 εκατ. φορές μεγαλύτερη απ' αυτήν του Ήλιου (στην εικόνα διακρίνονται οι τροχιές αυτών των άστρων, από στιγμιότυπο προσομοίωσης). Παρατηρώντας, τέλος, τον γαλαξιακό πυρήνα με ραδιοτηλεσκόπια, ανακάλυψαν στο κέντρο του μία «πηγή» ραδιοκυμάτων, γνωστή ως **Τοξότης Α***, με διάμετρο που δεν υπερβαίνει την μέση απόσταση της Γης από τον Ήλιο. Ο συνδυασμός των δύο αυτών παρατηρήσεων, δηλαδή της τεράστιας μάζας που είναι συσσωρευμένη σε μία (τηρουμένων των αναλογιών) μικροσκοπική περιοχή, καταδεικνύει ότι τα άστρα του γαλαξιακού πυρήνα στροβιλίζονται γύρω από μία γαλαξιακή μαύρη τρύπα.  ESO/L. Calçada/spaceengine.org



ΓΑΛΑΞΙΑΚΕΣ ΜΑΥΡΕΣ ΤΡΥΠΕΣ

Αυτές οι **υπερμεγέθεις μαύρες τρύπες** υπάρχουν στους πυρήνες σχεδόν όλων των γαλαξιών του Σύμπαντος και έχουν μάζα ακόμη και δισ. φορές μεγαλύτερη απ' αυτήν του Ήλιου. Για παράδειγμα, η γιγάντια μαύρη τρύπα στον πυρήνα του ελλειπτικού γαλαξία M87 περικλείει την μάζα 6 δισ. άστρων σαν τον Ήλιο. Γνωρίζουμε, μάλιστα, ότι υπάρχουν και κάποιοι γαλαξίες, οι οποίοι φιλοξενούν στον πυρήνα τους, όχι μόνο μία, αλλά δύο, ακόμη και τρεις γιγάντιες μαύρες τρύπες, που στροβιλίζονται η μία γύρω από την άλλη, σ' έναν κοσμικό χορό με μαέστρο την βαρύτητα. Ένα από τα πρώτα σημαντικά βήματα που οδήγησε τους αστρονόμους στο συμπέρασμα ότι σχεδόν κάθε γαλαξίας στο Σύμπαν φιλοξενεί στον πυρήνα του μία γιγάντια μαύρη τρύπα αποτέλεσε η ανακάλυψη των κβάζαρ.

 Hubble Legacy Archive, ESA, NASA



M87



κβάζαρ

ΚΒΑΖΑΡ, AGN ΚΑΙ BLAZAR

Η φωτεινότητα των **κβάζαρ** υπερβαίνει κατά πολύ την φωτεινότητα ενός «κοινού» γαλαξία, καθώς εκπέμπουν τεράστιες ποσότητες ενέργειας, ασύγκριτα μεγαλύτερης από αυτήν που θα δικαιολογούσε ο αριθμός των άστρων που περιέχουν. Αυτού του είδους οι γαλαξίες ονομάζονται **ενεργοί γαλαξιακοί πυρήνες** (AGN). Περαιτέρω μελέτες καταδεικνύουν ότι οι «μηχανές» που ενεργοποιούν τα κβάζαρ δεν είναι τίποτε άλλο από γιγάντιες μαύρες τρύπες. Καθώς, δηλαδή, η μαύρη τρύπα έλκει με το βαρυτικό της πεδίο την ύλη που την περιβάλλει, σχηματίζει γύρω της έναν αχανή περιστρεφόμενο δίσκο αερίων και σκόνης. Καθώς τα υλικά του δίσκου στροβιλίζονται με τεράστια ταχύτητα, όλο και πλησιέστερα προς τον ορίζοντα γεγονότων της, υπερθερμαίνονται σε εκατομμύρια βαθμούς Κελσίου, εκλύοντας ακτινοβολία. Κάποιες φορές, μάλιστα, ενεργητικοί πίδακες φορτισμένων σωματιδίων εκτινάσσονται από τους πόλους της μαύρης τρύπας, με ταχύτητες που πλησιάζουν την ταχύτητα του φωτός. Αυτού του είδους οι πίδακες παράγουν επιπλέον ακτινοβολία, και όταν ο ένας από αυτούς εκτινάσσεται προς την γενικότερη κατεύθυνση του πλανήτη μας, ο AGN ονομάζεται **blazar**.

 ESO/M. Kornmesser

ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΕΣ ΠΗΓΕΣ

[ΤΑΞΙΔΙ ΣΤΟΝ ΓΑΛΑΞΙΑ \(βιβλίο παράστασης\)](#)

<https://www.aavso.org/stellar-evolution>

<https://www.e-education.psu.edu/astro801/>

<https://www.accessscience.com/content/stellar-evolution/654000>

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- ▶ Αλυσσανδράκης Κ. Ε., *Εισαγωγή στην αστροφυσική*, Παπαζήσης, 2014.
- ▶ Begelman, Mitchell, *Gravity's fatal attraction: black holes in the universe*, Scientific American Library, 1996.
- ▶ Belkora, Leila, *Minding the heavens: the story of our discovery of the milky way*, IOP, c2003.
- ▶ Binney, James, *Αστροφυσική: μια συνοπτική εισαγωγή*, Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Κρήτης, 2019.
- ▶ Kaler, James, B., *Cosmic clouds: birth, death, and recycling in the galaxy*, Scientific American Library, 1997.
- ▶ Luminet, Jean-Pierre, *Ένα αστέρι πεθαίνει: μαύρες τρύπες, κόκκινοι γίγαντες και άσπροι νάνοι*, Τραυλός, 2006.
- ▶ Melia, Fulvio, *The edge of infinity: supermassive black holes in the universe*, Cambridge University Press, 2003.
- ▶ Sanders, Robert, H., *Revealing the heart of the galaxy: the Milky Way and its black hole*, Cambridge University Press, 2014.
- ▶ Tayler, R. J., *The stars: their structure and evolution*, Cambridge University Press, 1994.
- ▶ Thorne, Kip, S., *Μαύρες τρύπες και στρεβλώσεις του χρόνου: η προκλητική κληρονομιά του Αϊνστάιν*, Κάτοπτρο, 1999.
- ▶ Tweed, Mad, *Ένας οδηγός του σύμπαντος: ταξίδι στο χώρο και στο χρόνο*, Αλεξάνδρεια, 2019.
- ▶ Tyson, Neil deGrasse, *Αστροφυσική για βιαστικούς*, Παπαδόπουλος, c2019.



Η «αψίδα» του Γαλαξία, πάνω από τα τηλεσκόπια VLT του ESO στην Χιλή
📷 John Colosimo (colosimophotography.com)/ESO