



ΙΔΡΥΜΑ ΕΥΓΕΝΙΔΟΥ
Νέο Ψηφιακό Πλανητάριο

Ο ΘΑΝΑΤΟΣ ΤΩΝ ΑΣΤΡΩΝ

Οδηγός Παράστασης

ΔΙΟΝΥΣΗΣ Π. ΣΙΜΟΠΟΥΛΟΣ
Διευθυντής Ευγενιδείου Πλανηταρίου

Περιεχόμενα

Πρόλογος

4

Οι Αρχαίες Αντιλήψεις

6

Η Εξέλιξη της Αστρονομίας στην Αναγέννηση

10

Ο Αγγελιοφόρος των Άστρων

14

Το Ηλεκτρομαγνητικό Φάσμα

20

Η Εξελικτική Πορεία των Άστρων

24

Κόκκινοι Γίγαντες και Άσπροι Νάνοι

30

Νόβα και Σουπερνόβα

36

Πάλλσαρ: Παλλόμενες Ραδιοπηγές

42

Άστρα Νετρονίων

46

Αστροικοί Κανίβαλοι

50

Ο θάνατος Ενός Υπεργίγαντα

54

«Λείψανα Άστρων με Μορφές Αραχνιασμένες...»

60

Η Σουπερνόβα 1987A

66

Νετρίνα από την Κόλλαση

70

Μαύρες Τρύπες

76

Παράξενες Ιδιότητες

82

Δαιμονικά Πουλιά του Σύμπαντος

86

Επίλογος: Είμαστε Αστροσκοπή

92

Συντελεστές της Παράστασης

94

Ενδεικτική Βιβλιογραφία

96

Πρόλογος

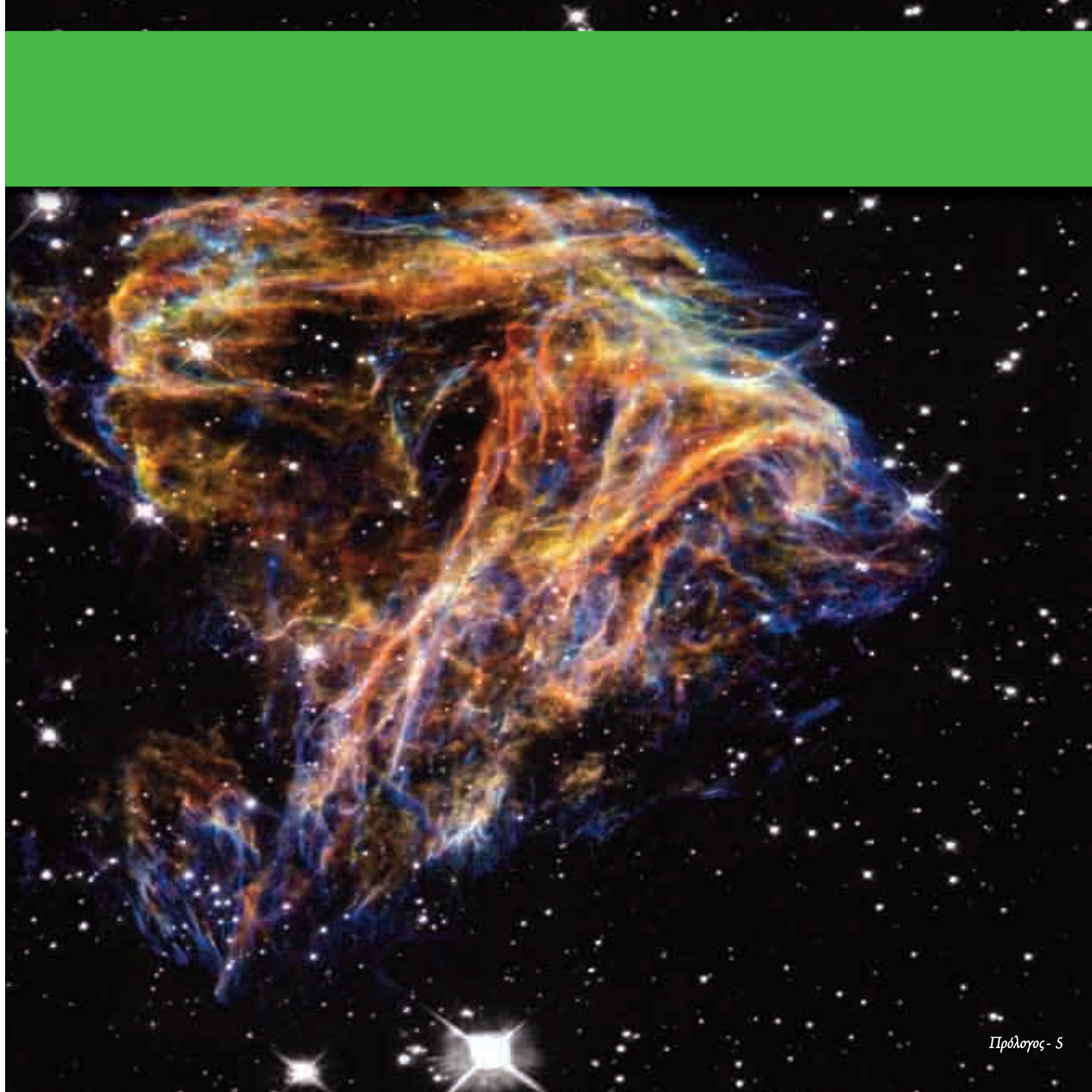
Ο Οδηγός αυτός, όπως και οι προηγούμενοι, αποσκοπεί στην παρουσίαση περισσότερων πρόσθετων πληροφοριών απ' όσες θα ήταν δυνατόν να παρουσιαστούν σ' ένα σενάριο 40 λεπτών, αν και, ακόμη κι εδώ, δεν είναι δυνατόν να δώσουμε όλες τις πιθανές απαντήσεις και πληροφορίες που ίσως κάποιος θα ήθελε να μάθει γύρω από τα διάφορα θέματα που παρουσιάζονται στη διάρκεια της παράστασης. Μ' αυτόν τον τρόπο ελπίζουμε ότι οι θεατές, οποιασδήποτε ηλικίας, θα μπορέσουν να αποκομίσουν μεγαλύτερα οφέλη από την εμπειρία τους στη διάρκεια της παράστασης.

Γιατί ο στόχος του Ευγενιδείου Πλανηταρίου συνεχίζει, όπως πάντα, να είναι η βελτίωση της ποιότητας της επιστημονικής επιμόρφωσης των πολιτών της χώρας μας, ενώ έχει επίσης τη σημαντική αποστολή να κάνει γνωστά τα επιτεύγματα της επιστήμης στο ευρύ κοινό και να διαφωτίσει τον κόσμο σχετικά με τη φύση της επιστημονικής έρευνας και αυτής τούτης της Επιστήμης. Η παράσταση με τίτλο «Ο θάνατος των Άστρων» δημιουργήθηκε στα πλαίσια των διαφόρων δραστηριοτήτων που σχεδιάζει το Ίδρυμα Ευγενίδου για τον εορτασμό της 400ης επετείου από τη χρήση του πρώτου τηλεσκοπίου από το Γαλιλαίο το 1609. Γι' αυτό, άλλωστε, η Διεθνής Αστρονομική Ένωση (IAU) και η UNESCO έχουν ανακηρύξει το 2009 ως «Παγκόσμιο Έτος Αστρονομίας».

Στην παράσταση αυτή προσπαθήσαμε να δώσουμε μια σύντομη αλλά περιεκτική περιγραφή των διαφόρων τρόπων με τους οποίους πεθαίνουν τα άστρα. Γιατί, όπως και κάθε τι άλλο σ' ολόκληρο το Σύμπαν, έτσι και τα άστρα, γεννιούνται, εξελίσσονται και κάποια στιγμή πεθαίνουν. Στα τελευταία στάδια της ζωής τους όλα τα άστρα μετατρέπονται σε κόκκινους γίγαντες. Το στάδιο αυτό είναι ο προθάλαμος του θανάτου τους, που θ' αφήσει πίσω του ένα από τρία πιθανά «λείψανα», ανάλογα με τη μάζα που έχει κάθε άστρο. Άστρα με λιγότερα υλικά από τέσσερις ηλιακές μάζες θα μετατραπούν σε άσπρους νάνους. Άστρα με 4 έως 25 ηλιακές μάζες θα γίνουν πάλησαρ ή άστρα νετρονίων. Άστρα με ακόμη μεγαλύτερες μάζες θα καταλήξουν να γίνουν Μαύρες Τρύπες. Ο εκρηκτικός, όμως, θάνατος ενός άστρου είναι ταυτόχρονα ένα τέλος και μια αρχή. Γιατί χωρίς τις αστρικές εκρήξεις δεν θα υπήρχε η Γη, δεν θα υπήρχαν βράχια και βότσαλα, δεν θα υπήρχαν φυτά και ζώα, δεν θα υπήρχε ο άνθρωπος.

Τελειώνοντας θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά όλους τους φίλους - συνεργάτες της δημιουργικής μας ομάδας που συμμετείχαν στη διαμόρφωση της νέας μας παράστασης και των οποίων τα ονόματα παρατίθενται στις τελευταίες σελίδες του παρόντος Οδηγού. Αισθάνομαι, όμως, την ανάγκη να ευχαριστήσω ιδιαίτερα, για την εξαιρετική τους δουλειά, τους συναδέλφους Μάριο Παρίση και Ευγενία Στάβαρη (κασέ-σελιδοποίηση) οι οποίοι επιμελήθηκαν την έκδοση αυτή.

*Διονύσης Π. Σμόπουλος
Διευθυντής Ευγενιδείου Πλανηταρίου*





Οι Αρχαίες Αντιλήψεις

Σκεφτήκατε ποτέ ποιο είναι πραγματικά το κέντρο του Σύμπαντος; Η απάντηση σ' αυτήν τη φαινομενικά απλή ερώτηση είναι μια πραγματικά συναρπαστική ιστορία. Μια ιστορία με σκηνικό το Σύμπαν, νθοποιούς τα φαινόμενα του ουρανού και πλοκή την ιστορία της φύσης. Είναι μια ιστορία γεμάτη περιπέτειες, θριάμβους και απογοητεύσεις. Γιατί τα μάτια μας, περιορισμένα να βλέπουν τα λαμπρότερα μόνον άστρα της νύχτας, ήταν για χιλιάδες χρόνια τα μοναδικά αστρονομικά όργανα που διαθέταμε. Αυτό όμως δεν μας εμπόδισε καθόλου από το να αναρωτιόμαστε, να απορούμε και να στοχαζόμαστε για όλα όσα βλέπαμε.

Παρόλα αυτά η αρχική σχέση του ανθρώπου με τα ουράνια φαινόμενα ήταν μία σχέση δέους και σεβασμού, που τη χαρακτήριζε η προκατάληψη, οι δεισιδαιμονίες και η τελετουργία. Μεταξύ των αρχαίων λαών, όμως, υπήρχαν και ορισμένοι που το ενδιαφέρον τους και η περιέργειά τους, συνδυασμένα με περισσότερο «προσγειωμένες» αντιδράσεις στα φαινόμενα του ουρανού τους οδήγησε να καθορίσουν με απίστευτη ακρίβεια τις σχέσεις μεταξύ των χρονικών διαστημάτων, που καθόριζαν τις κινήσεις του Ήλιου και της Σελήνης στην ουράνια σφαίρα. Τα άστρα ήσαν κι αυτά «στερεωμένα» στην ουράνια σφαίρα, που περιφερόταν γύρω από τη Γη μία φορά κάθε 24ωρο, ενώ ο Ήλιος και η Σελήνη θεωρούνταν ξεχωριστά σώματα. Ο Ήλιος καθόριζε τις ημέρες με την ανατολή και τη δύση του και τα χρόνια με την ετήσια πορεία του ανάμεσα σ' άστρα, ενώ η Σελήνη με τις εναλλαγές της μορφής της καθόριζε την πάροδο του μήνα.



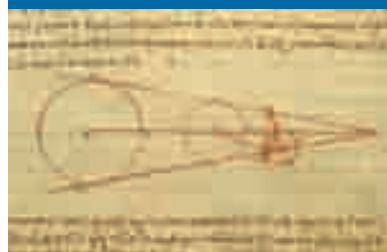
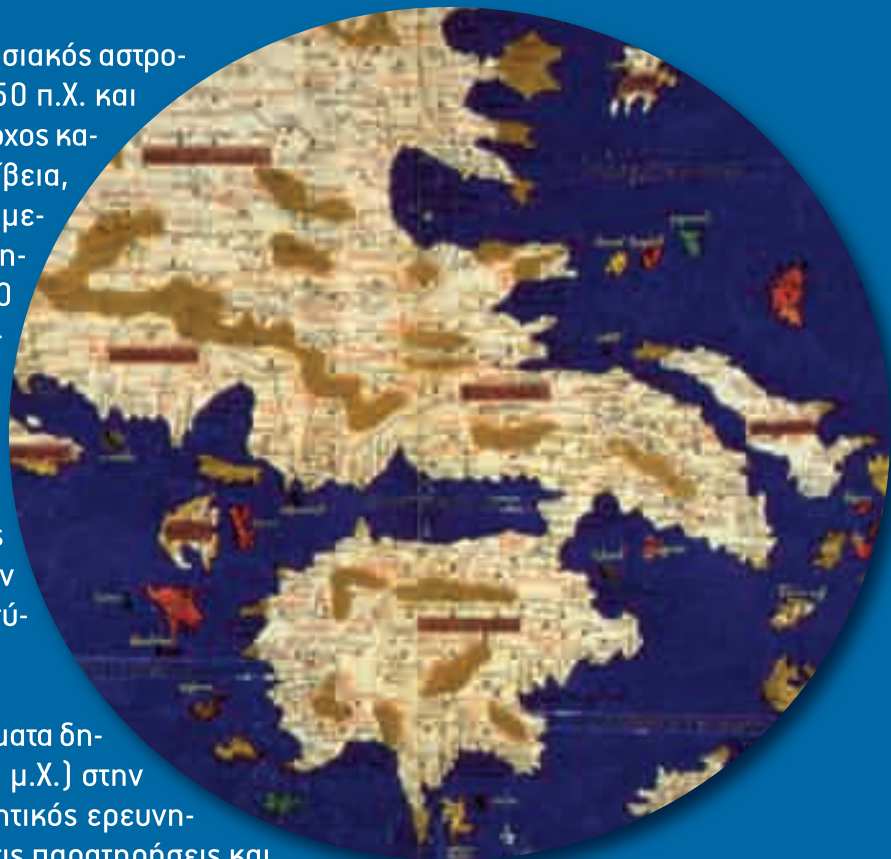
Οι πρώτοι, φυσικά, πραγματικοί αστρονόμοι παρακινήθηκαν στις παρατηρήσεις τους από περιέργεια για τις κινήσεις των ουράνιων σωμάτων και όχι από κάποιον ωφελιμιστικό λόγο. Οι προσπάθειές τους να επινοήσουν ένα φυσικό μοντέλο του συστήματος αυτού τους απασχόλησε επί αιώνες, ενώ οι κινήσεις των πλανητών αποτέλεσαν την πηγή και το πεδίο δοκιμών των πιο βασικών φυσικών και μαθηματικών θεωριών τους. Η εργασία των πρώτων αστρονόμων έχει αποδώσει σήμερα πολλαπλάσιους καρπούς. Μ' αυτόν τον τρόπο γεννήθηκε η επιστημονική μέθοδος, που εξελίχτηκε σιγά-σιγά σε πανίσχυρο εργαλείο της σύγχρονης έρευνας, αν και οι αρχαίοι Έλληνες φιλόσοφοι δεν διέθεταν ούτε τηλεσκόπια, ούτε διαστημόπλοια, ούτε υπολογιστές.

Την εποχή εκείνη όλες οι αρχαίες κοσμολογίες ξεκινούσαν από την κατανοήσιμη έννοια ότι η Γη ήταν ακίνητη και βρισκόταν στο κέντρο του Σύμπαντος. Και όλες, βασισμένες στην ανθρώπινη αντίληψη και όραση, προϋπέθεταν ότι τα άστρα ήταν κερκωμένα σ' ένα στερεό ουρανό, που γυρνούσε γύρω από μίαν ακίνητη, σταθερή Γη η οποία αποτελούσε έτσι το κέντρο του Σύμπαντος. Όλες οι κοσμολογίες, εκτός απ' αυτήν του Αρίσταρχου από τη Σάμο (310-230 π.Χ.) ο οποίος πήγε στην Αλεξάνδρεια γύρω στο 280 π.Χ. και για τον οποίο ο Αρχιμήδης μας λέει: «Αρίσταρχος ο Σάμιος υποτίθεται τα μιν απλανέα των άστρον και τον ήλιον μένειν ακίνητα, τα δε γαν περιφέρεσθαι περί τον ήλιον κατά κύκλου περιφέρειαν». Δηλαδή, η Γη δεν είναι το κέντρο του κόσμου, όπως το ήθελαν οι κάτοικοί της, αλλά μία μηδαμινή σφαίρα που περιφέρεται γύρω από τον Ήλιο. Η θαυμάσια και απλή αυτή εξήγηση του ηλιοκεντρικού συστήματος του Αρίσταρχου, που αντέγραψε ουσιαστικά ο Κοπέρνικος 1.800 χρόνια αργότερα, παραμερίστηκε σύντομα γιατί δεν συμφωνούσε με την καθημερινή λογική ενός γεωκεντρικού συστήματος.

Ο πρώτος, πάντως, πραγματικά σημαντικός παρατηρησιακός αστρονόμος ήταν ο Ίππαρχος, ο οποίος έζησε γύρω στο 150 π.Χ. και σήμερα θεωρείται ο πατέρας της αστρονομίας. Ο Ίππαρχος κατόρθωσε να υπολογίσει τη διάρκεια του έτους με ακρίβεια, που υστερούσε πέντε μόνο λεπτά, και ανακάλυψε τη μετακίνηση του ουράνιου πόλου (τη μετάπτωση των ισημεριών) αν και δεν κατόρθωσε να την εξηγήσει. Ο Ίππαρχος ήταν επίσης και ένας διακεκριμένος μαθηματικός, που ανακάλυψε και καθιέρωσε έναν καινούργιο κλάδο μαθηματικών, την τριγωνομετρία και ο πρώτος που υπολόγιζε τις εκλείψεις με έναν αυστηρά μαθηματικό τρόπο. Μεταξύ των άλλων βελτίωσε την υπάρχουσα στην εποχή του θεωρία της κίνησης των πλανητών απορρίπτοντας το σύστημα των σφαιρών και αντικαθιστώντας το με ένα απλούστερο σύστημα κύκλων.

Το πολυπλοκότερο πάντως από τα γεωκεντρικά συστήματα δημιουργήθηκε από τον Κλαύδιο Πτολεμαίο (108-168 μ.Χ.) στην Αλεξάνδρεια. Ο Πτολεμαίος ήταν βασικά ένας θεωρητικός ερευνητής, που στήριξε τις απόψεις του σε μεγάλο βαθμό στις παρατηρήσεις και τα στοιχεία που είχε συγκεντρώσει ο Ίππαρχος. Είναι γνωστός κυρίως για το σημαντικότερο έργο του, τη Μεγάλη Μαθηματική Σύνταξη, γνωστή και ως Αλμαγέστη (από την ονομασία που της έδωσαν οι Άραβες), η οποία περιείχε τις εργασίες πολλών Ελλήνων αστρονόμων καθώς και τις δικές του μελέτες σε 13 συνοδικά τόμους.

Στους Άραβες οφείλουμε σήμερα τη διαφύλαξη των αρχαίων ελληνικών γνώσεων για το Σύμπαν, κι όχι μόνο. Γιατί οι Άραβες, αλλά και οι Πέρσες, πρόσθεσαν επί πλέον και τη δική τους συμμετοχή στις δικές μας γνώσεις, όπως είναι για παράδειγμα η συστηματοποίηση της Άλγεβρας που είχε διατυπώσει αρχικά ο Διόφαντος ο Αλεξανδρεύς τον τρίτο μ. Χ. αιώνα και διαμόρφωσε 500 χρόνια αργότερα ο Πέρσης μαθηματικός Αλ Κβαριζμί. Με βάση τα γραφτά του Διόφαντου, τον 17ο αιώνα ο Πιερ ντε Φερμά διατύπωσε το περίφημο Τελευταίο του θεώρημα, το οποίο ήταν ένα από τα πιο ενδιαφέροντα μαθηματικά προβλήματα μέχρις ότου το 1994 διατυπώθηκε η απόδειξή του (στην ολοκληρωμένη της μορφή) από τους μαθηματικούς Άντριου Γουάιλς και Ρίτσαρντ Τέιλορ. Στην πιο απλή του μορφή το Τελευταίο θεώρημα του Φερμά διατυπώνεται ως εξής: «Είναι αδύνατον να χωρίσεις οποιαδήποτε δύναμη μεγαλύτερη της δεύτερης σε δύο ίσες δυνάμεις».



Η Εξέλιξη της Αστρονομίας στην Αναγ

Μέχρι την Αναγέννηση η καθιερωμένη επίσημη άποψη ήταν ότι όσα είχαμε να μάθουμε για το Σύμπαν ήταν ήδη γνωστά. Γι' αυτό κάθε αντίθετη άποψη ήταν ιδιαίτερα ενοχλητική, ενώ όσοι διαφωνούσαν και πίστευαν στην «αμαρτωλή» περιφορά της Γης γύρω από τον Ήλιο, καίγονταν ζωντανοί στη «φωτιά της κάθαρσης». Η Γη θεωρούνταν ως το κέντρο του Σύμπαντος και οι ελάχιστοι, που πρότειναν ιδέες, οι οποίες αργότερα αποδείχτηκαν σωστές, δεν ήταν παρά μεμονωμένες φωνές. Όμως μέσα σε ένα σχετικά μικρό χρονικό διάστημα η αστρονομία γνώρισε ραγδαία εξέλιξη με την εμφάνιση αρκετών μεγαλοφυών ανθρώπων.

Ο πρώτος από τους φημισμένους αστρονόμους της Αναγέννησης ήταν ο Νικόλαος Κοπέρνικος (1473-1543), ένας Πολωνός κληρικός και αστρονόμος τον οποίο περισσότερο απ' όλα τον ενδιέφερε η θεωρία παρά η παρατήρηση των ουρανίων σωμάτων. Ο Κοπέρνικος θεωρούσε το γεωκεντρικό σύστημα υπερβολικά πολύπλοκο γι' αυτό και υποστήριζε το πιο απλό ηλιοκεντρικό, που είχε αρχικά προτείνει πριν από 1.800 χρόνια ο Αρίσταρχος ο Σάμιος (310 -230 π.Χ.). Η θεωρία όμως του Κοπέρνικου δεν έγινε αμέσως αποδεκτή γιατί οι ενδείξεις της καθημερινής εμπειρίας και οι κρατούσες θρησκευτικές απόψεις ήταν ενάντια στο σύστημα αυτό.

Λίγα χρόνια όμως μετά το θάνατό του ο κόσμος άρχισε να αφυπνίζεται με τη βοήθεια των γραπτών ενός αξιόλογου φιλοσόφου και δασκάλου, του Τζιορντάνο Μπρούνο (1548-1600). Ο Μπρούνο είχε επηρεαστεί από το ηλιοκεντρικό σύστημα του Κοπέρνικου, θεωρούσε όμως ότι αυτό δεν είχε προχωρήσει αρκετά. Γιατί το γεγονός ότι τα άστρα φαίνονταν ακίνητα, ενώ οι πλανήτες και η Γη κινούνταν, σήμαινε γι' αυτόν ότι τα άστρα ήταν εκατοντάδες ή και χιλιάδες φορές πιο μακριά από τους πλανήτες. Για να είναι τα άστρα ορατά σε τέτοιες αποστάσεις θα έπρεπε να είναι αφάνταστα λαμπρά. Τόσο λαμπρά όσο κι ο Ήλιος. Έτσι τώρα όχι μόνο η Γη είχε υποβαθμιστεί στο επίπεδο ενός απλού πλανήτη αλλά κι ο ίδιος ο Ήλιος δεν ήταν παρά ένα λίγο-πολύ κοινό άστρο. Για τις ανορθόδοξες αυτές απόψεις του ο Τζιορντάνο Μπρούνο παραδόθηκε στους ιεροεξεταστές και κήκε στην πυρά στη Ρώμη το 1600.



Αναγέννηση



Τύχων Μπραχ



Την ίδια περίοδο με τον Μπρούνο έζησε κι ένας από τους σημαντικότερους παρατηρησιακούς αστρονόμους της Αναγέννησης, ο Τύχων Μπραχέ (1546-1601), που σύντομα αναγνωρίστηκε ως ένας σπουδαίος αστρονόμος. Το γεγονός αυτό προκάλεσε το ενδιαφέρον του βασιλιά Φρειδερίκου του 2ου της Δανίας, ο οποίος του έχτισε ένα πλήρες αστεροσκοπείο. Ο Τύχων εργάστηκε στο Αστεροσκοπείο του Χβεν για 20 χρόνια κάνοντας παρατηρήσεις πολύ ανώτερες σε ποσότητα από όλες όσες είχαν γίνει στο παρελθόν και οι οποίες παρέμειναν αξεπέραστες μέχρι την ανακάλυψη του τηλεσκοπίου, παρατηρήσεις που μετά το θάνατο του Τύχωνα έμειναν στα χέρια του νεαρού βοηθού του Γιόχαν Κέπλερ. Ο Γιόχαν Κέπλερ (1571-1630), παρ' ότι προερχόταν από φτωχή οικογένεια, έκανε πολύ καλές σπουδές κι άρχισε να διδάσκει στο Πανεπιστήμιο του Γκρατς από το 1594 σε ηλικία 23 ετών. Δεν ήταν παρατηρητής, αλλά ένας εξαιρετος θεωρητικός που έστρεψε την προσοχή του στη βελτίωση της ακρίβειας του Κοπερνίκειου Συστήματος πεπεισμένος ότι υπήρχε κάποιος βασικός φυσικός νόμος ή μία ομάδα νόμων, που καθόριζαν τις κινήσεις των πλανητών. Κανένας άνθρωπος στον κόσμο εκείνη την εποχή δεν ήταν πιο κατάλληλος από τον Κέπλερ για να αναλύσει τις παρατηρήσεις του Τύχωνα.



Τζιορντάνο Μπρούνο

Μετά από μακρές και επίμονες δοκιμές διάφορων υποθέσεων, ο Κέπλερ έκανε δύο βασικές διαπιστώσεις: πρώτον ότι ο πλανήτης Άρης κινείται σε μία έλλειψη, με τον Ήλιο σε μία από τις δύο εστίες και δεύτερον ανακάλυψε το νόμο που καθορίζει την ταχύτητα, με την οποία ο πλανήτης αυτός κινείται στα διάφορα τμήματα της τροχιάς του. Οι δύο νόμοι του Κέπλερ δημοσιεύτηκαν το 1609. Λίγο αργότερα απέδειξε ότι και οι δύο αυτοί νόμοι ισχύουν για όλους τους άλλους γνωστούς τότε πλανήτες. Με τους νόμους αυτούς ο Κέπλερ μπορούσε να εξηγήσει άνετα τις κινήσεις των πλανητών με μηδαμινό σχεδόν λάθος. Το γεγονός αυτό αποτέλεσε μια τεράστια πρόοδο κι όχι απλώς μία βελτίωση των παλαιότερων θεωριών. Δεν ήταν δηλαδή μια ακόμη θεωρία αλλά μια ακριβής και απλή περιγραφή της πραγματικής πορείας των πλανητών στο Διάστημα.

Στο διάστημα όμως που συνέβαιναν οι διάφορες αυτές εξελίξεις, ένας Ιταλός επιστήμονας μελετούσε τον ουρανό με ένα όργανο που επρόκειτο να γίνει το πιο πανίσχυρο εργαλείο της παρατηρησιακής αστρονομίας. Αν και ο Γαλιλαίος (1564-1642) δεν εφηύρε το τηλεσκόπιο και δεν ήταν ο πρώτος που το έστρεψε προς τον ουρανό, ήταν εντούτοις ο πρώτος που εκτίμησε

τη σπουδαιότητά του και κατάλαβε όλα όσα παρατηρούσε μ' αυτό. Ο Γαλιλαίος ανακάλυψε, για παράδειγμα, τέσσερεις δορυφόρους να περιφέρονται γύρω από το Δία, που αποδείχτηκε ένα καλό επιχείρημα υπέρ του Κοπερνίκειου Συστήματος. Κάτω όμως από την απειλή να τον κάψουν ζωντανό αναγκάστηκε να ανακαλέσει και να περάσει το υπόλοιπο της ζωής του σε κατ' οίκον περιορισμό. Οι νέες όμως ιδέες διαδόθηκαν παντού σαν πυρκαγιά. Και στο τέλος ακόμη και το εκκλησιαστικό κατεστημένο κατάλαβε ότι ούτε οι αφορισμοί, ούτε το κάψιμο των βιβλίων, ούτε οι απειλές, ούτε οι εκτελέσεις μπορούσαν να σταματήσουν την εξάπλωση των νέων γνώσεων. Γιατί το όραμα του Γαλιλαίου βασιζόταν στην πραγματικότητα.



Γαλιλαίος



Ισαάκ Νεύτων

Την ίδια χρονιά που πέθανε ο Γαλιλαίος γεννήθηκε ο μεγαλύτερος ίσως επιστήμονας όλων των εποχών. Ο Ισαάκ Νεύτων (1642-1727) ήταν ένας μεγάλος μαθηματικός και έδειχνε ιδιαίτερο ενδιαφέρον για τα αστρονομικά προβλήματα της εποχής του. Τις απαντήσεις του στα προβλήματα αυτά περιέλαβε, μεταξύ άλλων, στο φημισμένο του έργο «Principia», που θεμελιώνει τον Παγκόσμιο Νόμο της Βαρύτητας. Σύμφωνα με το νόμο αυτό κάθε υλικό σώμα στο Σύμπαν ελκύει κάθε άλλο σώμα με μία δύναμη, η οποία είναι ανάλογη με τη μάζα των σωμάτων και αντιστρόφως ανάλογη με το τετράγωνο της μεταξύ τους απόστασης. Αυτό σημαίνει ότι αν η μάζα του ενός από τα δύο σώματα διπλασιαστεί, θα διπλασιαστεί επίσης και η δύναμη έλξης μεταξύ τους. Εάν όμως διπλασιαστεί η απόσταση μεταξύ τους, η δύναμη της έλξης θα μειωθεί στο 1/4 της προηγούμενης ισχύος της.

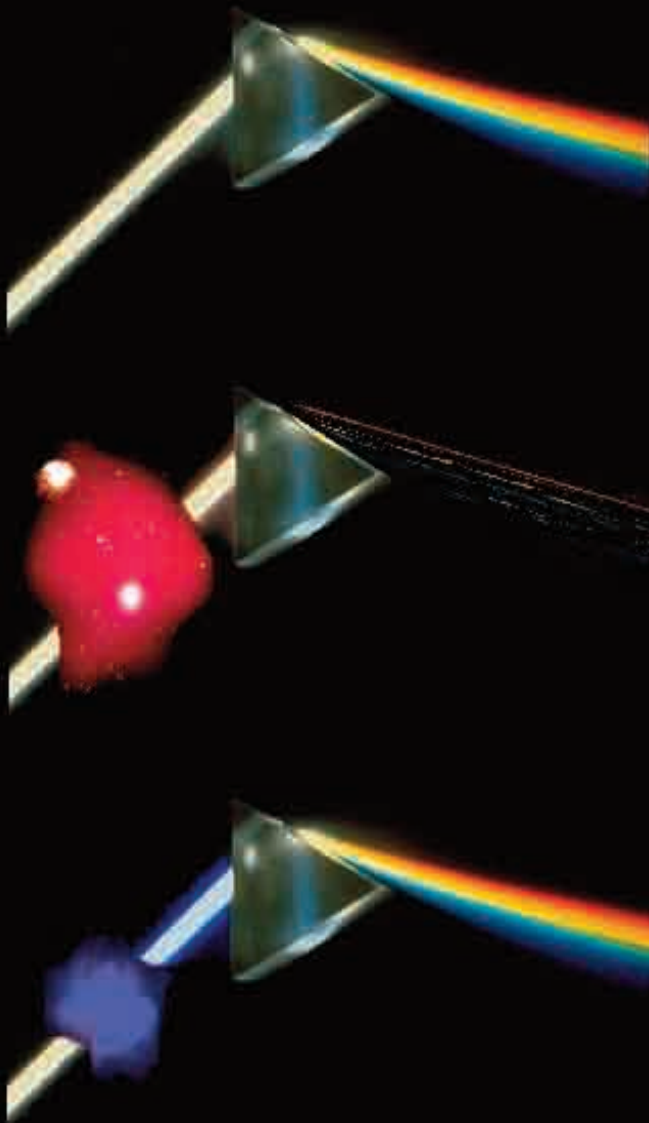
Η φύση της έλξης αυτής δεν εξηγήθηκε ποτέ και ο Νεύτων ανέφερε απλά και μόνο ότι τα σώματα συμπεριφέρονται σαν να αλληλοέλκονται με αυτόν τον τρόπο κι όχι το γιατί. Ο Νεύτων μας έδειξε επίσης ότι οι τρεις νόμοι του Κέπλερ για την κίνηση των πλανητών μπορούσαν να προκύψουν με μαθηματικό τρόπο από τη δική του θεωρία, η οποία δεν εξηγούσε μόνο τις κινήσεις των πλανητών αλλά και πολλά άλλα φαινόμενα όπως ήταν οι παλίρροιας. Παρά τη φήμη του και την ιδιοφυΐα του παρέμεινε πάντοτε ένας απλός και ταπεινός άνθρωπος. «Δεν γνωρίζω πώς φαίνομαι στον κόσμο, αλλά στον εαυτό μου μοιάζω με ένα μικρό παιδί, που παίζει στην παραλία και ασχολείται με το να βρίσκει κάπου-κάπου ένα πιο ομαλό βότσαλο ή ένα πιο όμορφο κοχύλι από τα συνηθισμένα, ενώ μπροστά του απλώνεται ανεξερεύνητος ο απέραντος ωκεανός».

Η φυσική Κοσμολογία

Ο Αγγελιοφόρος των Άστρων

Όταν κοιτάμε τον έναστρο ουρανό πολλοί από εμάς ξεχνάνε ότι κάθε άστρο που λάμπει εκεί πάνω είναι στην πραγματικότητα κι ένας ήλιος σαν τον δικό μας. Για τους αρχαίους φυσικά τα άστρα δεν ήσαν παρά τα μικρά απομακρυσμένα φωτεινά σημεία στο νυχτερινό ουρανό. Δεν είχαν ούτε σχήμα, ούτε μέγεθος, ούτε καμιά άλλη δομή. Ήσαν μονάχα φως. Παρόλα αυτά, από τότε και μέχρι σήμερα το φως των άστρων έγινε η σπουδαιότερη πηγή πληροφοριών για τους αστρονόμους. Γιατί καθένα από τ' άστρα τ' ουρανού λάμπει εκπέμποντας τεράστιες ποσότητες ενέργειας που παράγονται στη διάρκεια της θερμοπυρηνικής σύντηξης του υδρογόνου στο κέντρο του. Η ενέργεια αυτή εκπέμπεται στο διάστημα και φτάνει σε εμάς με τη μορφή των διαφόρων ειδών της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας που μ' αυτόν τον τρόπο γίνεται ο αγγελιοφόρος των άστρων.





Συνεχές Φάσμα



Φάσμα Εκπομπής



Φάσμα Απορρόφησης



Το 1666 ο Ισαάκ Νεύτων ανακάλυψε για πρώτη φορά την ιδιότητα του λευκού φωτός να διαχωρίζεται στα διάφορα χρώματα που το αποτελούν όταν περάσει μέσα από ένα γυάλινο πρίσμα. Το σχήμα ενός πρίσματος είναι τέτοιο, ώστε όταν το λευκό φως περάσει μέσα απ' αυτό, τότε κάθε μήκος κύματός του διαθλάται, σπάει δηλαδή με διαφορετική γωνία, σχηματίζοντας έτσι πάνω σε μια οθόνη τα χρωματισμένα συστατικά του, που ο Νεύτων ονόμασε «φάσμα» (φάντασμα του φωτός). Συμβαίνει δηλαδή κι εδώ το ίδιο που συμβαίνει με το Ουράνιο Τόξο, το οποίο σχηματίζεται όταν το λευκό φως του Ήλιου διαθλάται περνώντας μέσα από τα σταγονίδια της βροχής.



Ισαάκ Νεύτων

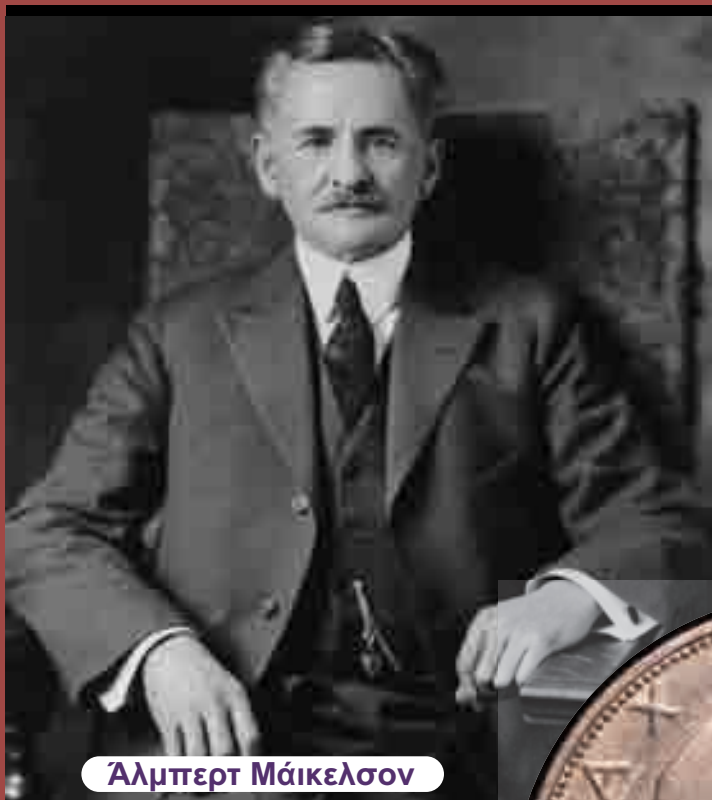
η ανάπτυξη των αστρονομικών παρατηρήσεων σε μήκη κύματος πάνω και κάτω από το οπτικό τμήμα του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος. Γιατί δεν πρέπει να ξεχνάμε ότι οι ακτινοβολίες που βλέπει το ανθρώπινο μάτι δεν είναι παρά μία ελάχιστη μικρή περιοχή του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος, αφού το οπτικό φάσμα δεν είναι παρά ένα πολύ μικρό, ένα ελάχιστο κομμάτι του. Τόσο μικρό μάλιστα ώστε αν το ηλεκτρομαγνητικό φάσμα είχε μήκος όσο το ύψος ενός κτηρίου 10 μέτρων, τότε η περιοχή του ορατού φωτός θα είχε το πάχος μιας ανθρώπινης τρίχας, ενώ δεξιά και αριστερά του οπτικού φάσματος βρίσκονται κι άλλων ειδών ακτινοβολίες. Για να κατανοήσουμε λοιπόν τη γλώσσα των άστρων θα πρέπει να εξετάσουμε τι είναι αυτό που αποκαλούμε ηλεκτρομαγνητικό φάσμα. Γιατί ο μόνος τρόπος για να μελετήσουμε τα άστρα από μακριά είναι με τη βοήθεια του αστρικού φωτός που έτσι γίνεται ο αγγελιοφόρος που μιλάει τη γλώσσα των άστρων.

Δύο αιώνες μετά το Νεύτωνα, ο Γερμανός Τζόζεφ φον Φραουνχόφερ (1787-1826) μεγεθύνοντας το ηλιακό φάσμα ανακάλυψε ανάμεσα στα χρώματά του ορισμένες σκοτεινές ρίγες. Μετά από επισταμένη μελέτη αποδείχτηκε ότι οι ρίγες αυτές υποδηλώνουν την ύπαρξη ορισμένων χημικών στοιχείων στην ατμόσφαιρα του Ήλιου ή οποιουδήποτε άλλου άστρου μελετάμε. Αυτό που συμβαίνει είναι ότι καθώς το συνεχές φάσμα που εκπέμπει η επιφάνεια του Ήλιου περνά μέσα από τα ψυχρότερα αέρια της ατμόσφαιράς του ορισμένα μήκη κύματος απορροφώνται και εμφανίζονται σαν μαύρες γραμμές στο φάσμα του. Έτσι όταν βρίσκουμε μια ορισμένη μαύρη γραμμή στο φάσμα ενός άστρου, η γραμμή αυτή υποδηλώνει την ύπαρξη ενός ορισμένου χημικού στοιχείου στην ατμόσφαιρά του. Οι φασματικές αυτές γραμμές μας περιγράφουν δηλαδή τη χημική σύσταση των άστρων και τα αστρικά αυτά φάσματα ονομάζονται φάσματα απορρόφησης.

Την ίδια θετική επίδραση στις αστροφυσικές έρευνες, είχε και



Τζόζεφ φον Φραουνχόφερ



Άλμπερτ Μάικελσον

Σύμφωνα, λοιπόν, με τη σύγχρονη θεωρία του φωτός που ανέπτυξε στα μέσα του περασμένου αιώνα ο Σκωτσέζος φυσικός Τζέιμς Μάξγουελ (1831-1879), το φως που έρχεται απ' τα άστρα έχει δύο ειδών ιδιότητες, ηλεκτρικές και μαγνητικές. Γι' αυτό είναι πιο σωστό να το ονομάζουμε ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία, παρά φως. Η συμπεριφορά όμως της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας προκαλούσε μεγάλες διαμάχες ανάμεσα στους επιστήμονες από την εποχή ακόμη του Νεύτωνα. Γιατί ενώ σύμφωνα με το Νεύτωνα το φως το αποτελούσαν μικροσκοπικά σωματίδια, ο σύγχρονός του Ολλανδός Κρίστιαν Χόιγκενς (1629-1695) υποστήριζε ότι το φως συμπεριφέρεται σαν κύμα και μεταδίδεται μ' έναν τρόπο παρόμοιο με τα κύματα που δημιουργούνται στο νερό μιας λίμνης όταν ρίξουμε μια πέτρα. Η διαμάχη μάλιστα αυτή κράτησε πάνω από 200 χρόνια.

Η θεωρία όμως του Χόιγκενς ενώ εξηγούσε πάρα πολύ καλά όλα τα φαινόμενα της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας ως μεταδιδόμενα κύματα, δεν μπορούσε να εξηγήσει τον τρόπο που τα κύματα αυτά μεταδίδονται στο διαστημικό κενό. Έτσι επί 200 χρόνια οι φυσικοί επιστήμονες θεωρούσαν ότι το Διάστημα περιελάμβανε ένα αόρατο αραιό υλικό που ονόμαζαν αιθέρα. Το 1801 μάλιστα ένα πείραμα συμβολής του φωτός που έκανε ο Άγγλος φυσικός Τόμας Γιανγκ (1773-1829) εδραίωσε ακόμη πιο πολύ την κυματική θεωρία του Χόιγκενς.



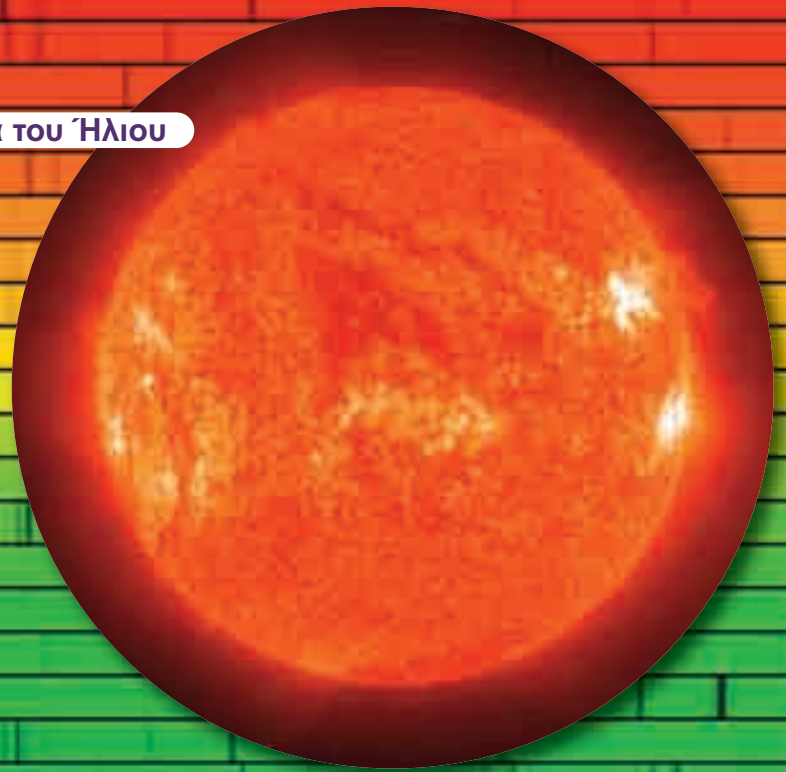
Μαξ Πλανκ

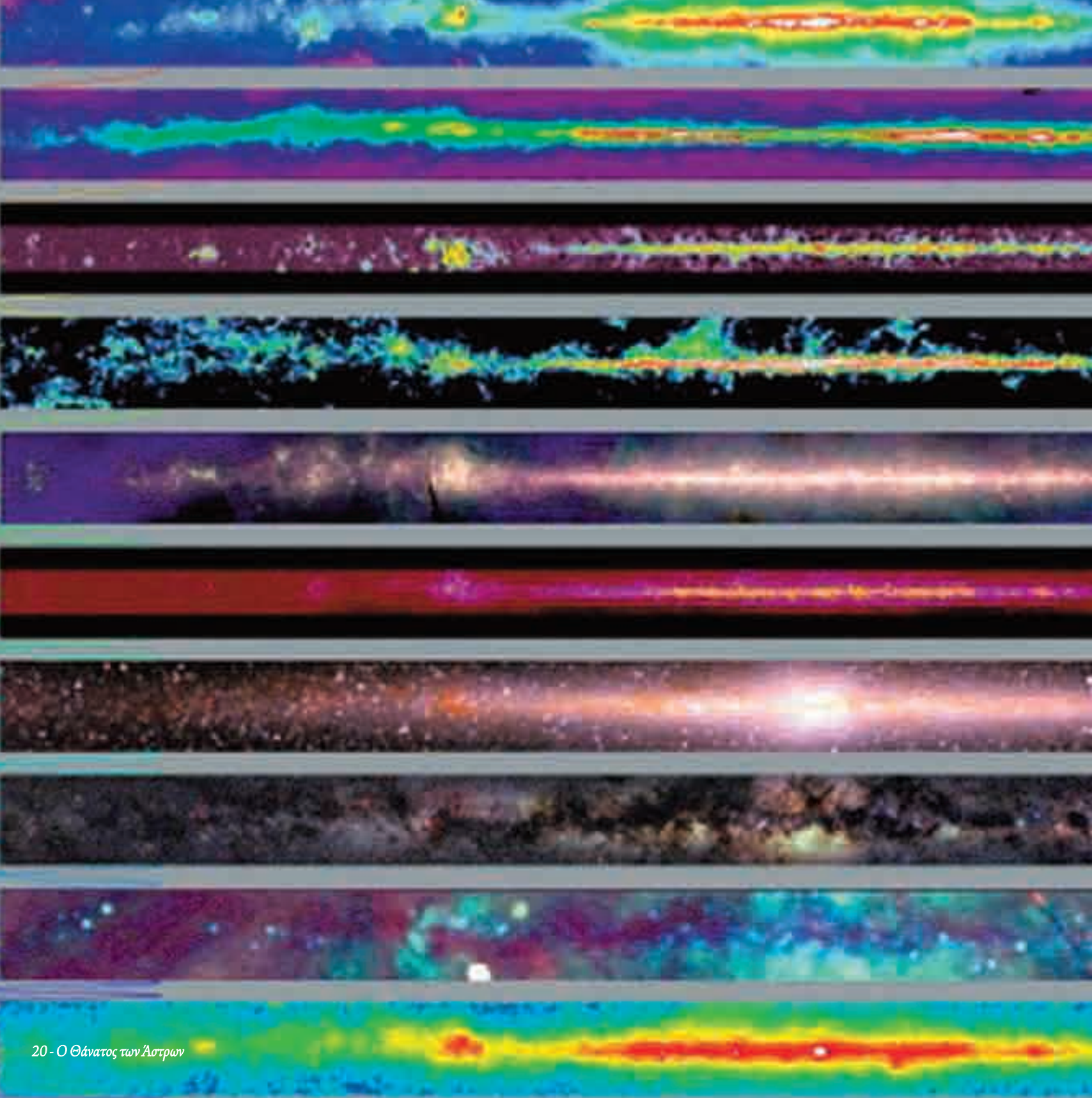
Το 1887 όμως οι Αμερικανοί φυσικοί Άλμπερτ Μάικελσον (1852-1931) και Έντουαρντ Μόρλεϊ (1838-1923) απέδειξαν ότι ο υποθετικός αυτός αιθέρας δεν υπήρχε στο διάστημα, ενώ το 1900 ο Γερμανός φυσικός Μαξ Πλανκ (1858-1947) απέδειξε ότι η ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία εκπέμπεται σε μικρά πακέτα ενέργειας που ονόμασε «κβάντα». Έτσι και μετά τη δημοσίευση της μελέτης του Άλμπερτ Αϊνστάιν (1879-1955) για το φωτοηλεκτρικό φαινόμενο το 1905, αποδείχτηκε ότι το φως μπορεί να περιγραφεί εξ' ίσου σωστά και με τους δύο τρόπους, σαν «κυματοσωματίδιο». Τα κβάντα, λοιπόν, της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας ονομάστηκαν έκτοτε «φωτόνια», που άλλοτε μεν συμπεριφέρονται σαν κύματα και άλλοτε σαν σωματίδια.



Άλμπερτ Αϊνστάιν

Το Φάσμα του Ήλιου





Το Ηλεκτρομαγνητικό Φάσμα

Ραδιοκύματα (2,5 GHz)

Μοριακό Υδρογόνο

Υπέρυθρο

Μέσο Υπέρυθρο

Κοντινό Υπέρυθρο

Οπτικό

Ακτίνες X

Ακτίνες γάμα

Η ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία έχει τρεις βασικές ιδιότητες: τη συχνότητα (τον αριθμό δηλαδή των κυμάτων κάθε δευτερόλεπτο), το μήκος (την απόσταση δηλαδή μεταξύ δύο κυμάτων), και την ταχύτητα (πόσο γρήγορα δηλαδή μεταφέρεται η ενέργεια). Η ταχύτητα της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας στο Διάστημα είναι πάντοτε η ίδια, δηλαδή 300.000 χιλιόμετρα το δευτερόλεπτο (και για την ακρίβεια 299.792,458 χιλιόμετρα το δευτερόλεπτο) που είναι και το ανώτερο όριο ταχύτητας που μπορεί να επιτύχει ένα σώμα στο Σύμπαν στο οποίο ζούμε.

Το ανθρώπινο μάτι έχει τη δυνατότητα να διακρίνει τα ηλεκτρομαγνητικά κύματα που πάλλονται με συχνότητες οι οποίες κυμαίνονται από 420 έως 750 τρισεκατομμύρια κύκλους το δευτερόλεπτο (Hz). Το φως με συχνότητα 420 τρισεκατομμυρίων Hz το αντιλαμβανόμαστε ως βαθύ κόκκινο, ενώ η συχνότητα των 750 τρισεκατομμυρίων Hz γίνεται αντιληπτή ως βαθύ ιώδες. Το ορατό αυτό τμήμα του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος ήταν, μέχρι πριν από μερικές δεκαετίες, η μοναδική πηγή πληροφοριών μας, το μοναδικό παράθυρο που είχαμε στο Σύμπαν.

Αλλά 150 χρόνια μετά το Νεύτωνα, ο Γουίλιαμ Χέρσελ ανακάλυψε γύρω στα 1800 ότι όταν τοποθετούσε ένα θερμόμετρο δίπλα στο κόκκινο τμήμα του οπτικού φάσματος αυτό κατέγραφε άνοδο της θερμοκρασίας. Το γεγονός αυτό έκανε τον Χέρσελ να συμπεράνει ότι είχε ανακαλύψει την ύπαρξη μιας «αόρατης» ακτινοβολίας πέρα από το ερυθρό, και γι' αυτό την ονόμασε υπέρυθρη ακτινοβολία. Στις δεκαετίες που πέρασαν έκτοτε ανακαλύφθηκαν σιγά-σιγά όλα τα διαφορετικά είδη ακτινοβολιών του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος: το 1801 ανακαλύφθηκε η υπεριώδης ακτινοβολία από το Γερμανό Γιόχαν Ρίτερ (1778-1810), ενώ το 1888 ανακαλύφθηκαν και τα ραδιοκύματα από τον επίσης Γερμανό Χάινριχ Χερτς (1857-1894, προς τιμή του οποίου μετράμε τη συχνότητα της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας σε μονάδες που ονομάζονται Χερτς). Γερμανός ήταν επίσης και ο Βίλχελμ Ρέντγκεν (1845-1923) που το 1895 ανακάλυψε τις ακτίνες Χ, ενώ το 1900 ανακαλύφθηκαν και οι υπερβραχείες ακτίνες γάμα από το Γάλλο Πολ Βιλιάρ (1860-1934).

Οι ραδιοεκπομπές των διαφόρων αστρονομικών αντικειμένων είναι «ήχοι» πολύ υψηλών συχνοτήτων που συλλογίζονται από τις τεράστιες κεραίες των ραδιοτηλεσκοπίων μας και καταγράφονται σε ειδικές ταινίες για επισταμένη μελέτη από τους ραδιοαστρονόμους. Αμέσως μετά ακολουθεί η περιοχή των ραντάρ, και αμέσως μετά μια νέα περιοχή του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος, αυτή που ανακάλυψε ο Γουίλιαμ Χέρσελ ως υπέρυθρη ακτινοβολία. Επειδή τα περισσότερα υπέρυθρα κύματα δεν μπορούν να διαπεράσουν την ατμόσφαιρά μας, οι πληροφορίες που παίρνουμε από τα άστρα σ' αυτή την περιοχή προέρχονται από δορυφορικά όργανα που βρίσκονται σε τροχιά γύρω από τη Γη. Αντίθετα πάνω στη Γη τα υπέρυθρα κύματα, που έχουν μήκος μικρότερο από ένα χιλιοστό, γίνονται αισθητά από το δέρμα μας ως θερμότητα.

Πάνω από το ορατό φως, συναντάμε την υπεριώδη ακτινοβολία που αν και δεν μπορούμε να την «δούμε» απ' ευθείας μπορούμε να δούμε τα αποτελέσματα που έχει ένα μικρό μέρος της που προέρχεται από τον Ήλιο. Γιατί το μαύρισμα του δέρματός μας το καλοκαίρι οφείλεται κυρίως σ' αυτό το μικρό μέρος της υπεριώδους ακτινοβολίας που κατορθώνει να διαπεράσει την ατμόσφαιρά μας.



Το μεγαλύτερο φυσικά μέρος της υπεριώδους ακτινοβολίας εμποδίζεται, ευτυχώς για μας, από την ατμόσφαιρα.

Από εκεί και πέρα η ατμόσφαιρα εμποδίζει εντελώς όλα τα μικρότερα μήκη κύματος, των ακτινών Χ και των ακτινών γάμα που βρίσκονται στο άκρο του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος, να φτάσουν στη Γη μας. Η ατμόσφαιρα δηλαδή μας προστατεύει από τις επικίνδυνες αυτές ακτινοβολίες, αλλιώς η ζωή πάνω στην επιφάνεια του πλανήτη μας θα ήταν αδύνατη. Παρόλα αυτά οι ακτινοβολίες αυτές, που δημιουργούνται στους αστρικούς πυρήνες, καταγράφονται από τα διαστημικά μας όργανα και μας παρέχουν άμεσες πληροφορίες για το τι συμβαίνει μέσα στα σπλάχνα των άστρων.

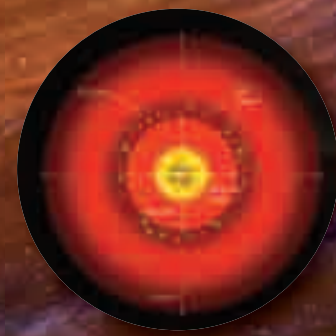
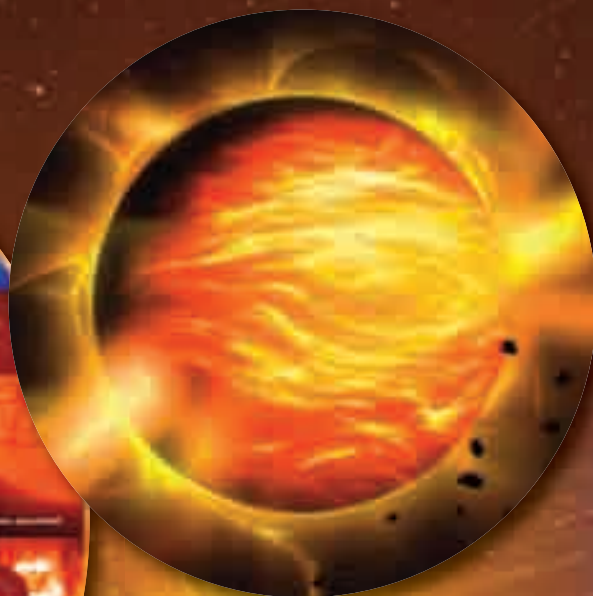
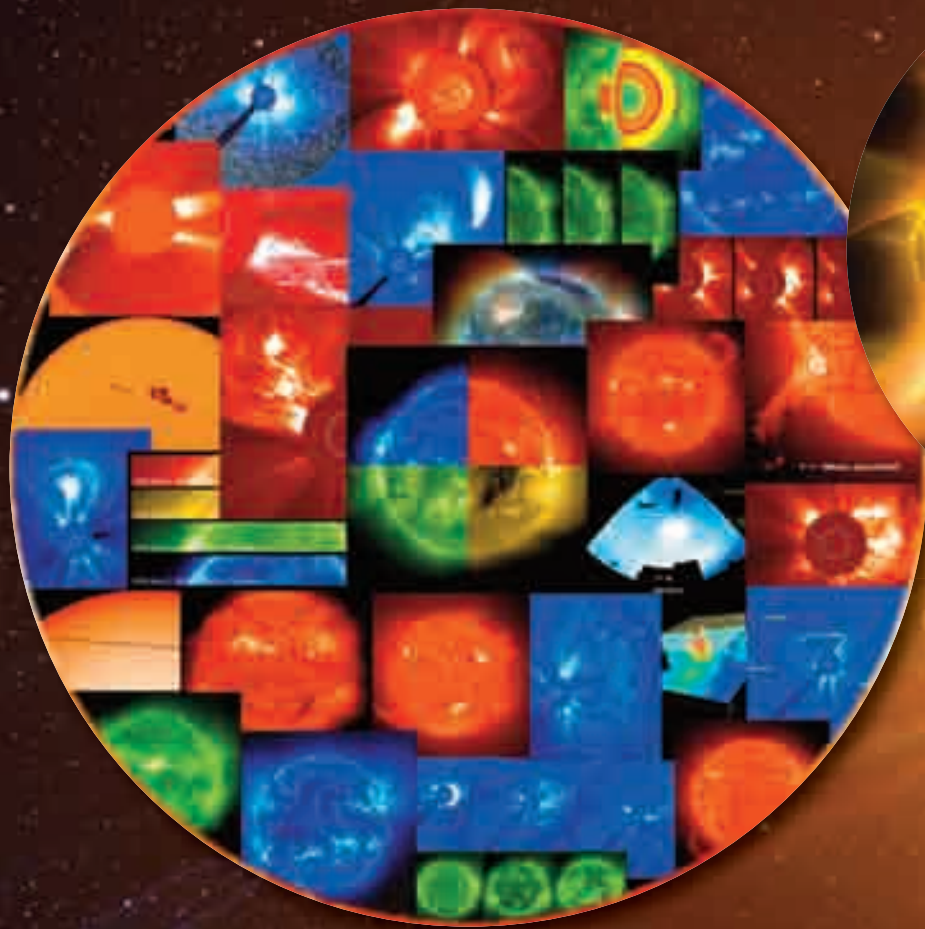
Δεν είναι λοιπόν υπερβολή όταν λέμε ότι η ανάπτυξη της τεχνολογίας, και των διαστημικών αποστολών, μας «άνοιξε» κυριολεκτικά τα μάτια σ' έναν κόσμο άγνωστο μέχρι το 1960. Γιατί από τη νέα θέση τους στο διάστημα τα όργανα των τροχιακών αστεροσκοπειών έχουν ανοίξει διάπλατα τα μυστικά του Σύμπαντος στους γήινους αστρονόμους. Αυτό μάλιστα γίνεται ιδιαίτερα εμφανές όταν συγκρίνουμε μεταξύ τους τις διάφορες όψεις που παίρνουμε από το Σύμπαν σε διαφορετικές περιοχές του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος. Είναι τότε αρκετά εύκολο να κατανοήσουμε την πληθώρα των πληροφοριών που ήταν, μέχρι πρόσφατα, «αόρατες» στα μάτια μας. Πληροφορίες που μας έχουν επιτρέψει να κατανοήσουμε καλύτερα τη γλώσσα των άστρων.

Αν για παράδειγμα τα μάτια μας μπορούσαν να διακρίνουν μία ειδική περιοχή της υπέρυθρης ακτινοβολίας, τότε ο νυχτερινός ουρανός αντί για μεμονωμένα άστρα θα μας παρουσίαζε τις πιο εκτεταμένες πηγές ακτινοβολίας, όπως είναι τα πλανητικά νεφελώματα, καθώς επίσης και τη θερμότητα που αποβάλλουν τα νεφελώματα αερίων και σκόνης που περιβάλλουν τα νεογέννητα άστρα. Ενώ αν τα μάτια μας μπορούσαν να διακρίνουν τα πιο μεγάλα μήκη κύματος του ηλεκτρο-

μαγνητικού φάσματος τότε τα γνώριμα σε μας άστρα του νυχτερινού ουρανού θα εξαφανίζονταν και πάλι, για να αντικατασταθούν από τη διάχυτη αναλαμπή του Σύμπαντος των ραδιοκυμάτων.

Εκ διαμέτρου αντίθετα οι ακτίνες γάμα έχουν τα πιο μικρά μήκη κύματος και τις υψηλότερες ενέργειες. Η εξερεύνηση του Σύμπαντος των ακτίνων γάμα άρχισε σχετικά πρόσφατα, στα μέσα της δεκαετίας του '60, όταν οι ακτίνες αυτές παρατηρήθηκαν για πρώτη φορά από τους δορυφόρους «Βέλλα» των οποίων η κύρια αποστολή ήταν να προσέχουν για τυχόν παραβιάσεις της διεθνούς συμφωνίας που απαγόρευε τις πυρηνικές δοκιμές. Το Σύμπαν των ακτίνων γάμα αποδείχτηκε ότι είναι κι αυτό γεμάτο υψηλές ενέργειες, με δραματικά και βίαια φαινόμενα. Γι' αυτό άλλωστε στον ουρανό των ακτίνων γάμα, τα νέφη του γαλαξιακού δίσκου φαίνονται να είναι ιδιαίτερα λαμπερά, ενώ αντίθετα δεν φαίνονται καθόλου τα μεμονωμένα άστρα.

Στην περιοχή πάλι των ακτίνων Χ, ο ουρανός είναι γεμάτος από γερασμένα σκοτεινά άστρα, ενώ τα τροχιακά τηλεσκόπια ακτίνων Χ που χρησιμοποιούμε για να τα εντοπίσουμε μοιάζουν κατά κάποιον τρόπο με μετρητές Γκάιγκερ. Οι παρατηρήσεις του Σύμπαντος των ακτίνων Χ και γάμα εκτελούνται αποκλειστικά και μόνο από το Διάστημα, επειδή οι ακτινοβολίες αυτές δεν μπορούν (ευτυχώς για την επιβίωση της ζωής στον πλανήτη μας) να διαπεράσουν καθόλου την ατμόσφαιρά μας. Το Σύμπαν όμως των υψηλών ακτινοβολιών είναι μία ιδιαίτερα ενδιαφέρουσα περιοχή ακραίων καταστάσεων αφού απαιτούνται τεράστιες θερμοκρασίες και ισχυρότατα μαγνητικά πεδία για την παραγωγή των ακτίνων γάμα και Χ. Τα σύγχρονα, λοιπόν, όργανα των αστροφυσικών και τα τροχιακά τηλεσκόπια μας επιτρέπουν να αντικρίσουμε μια ολόκληρη ποικιλία διαφόρων απόψεων του Σύμπαντος.



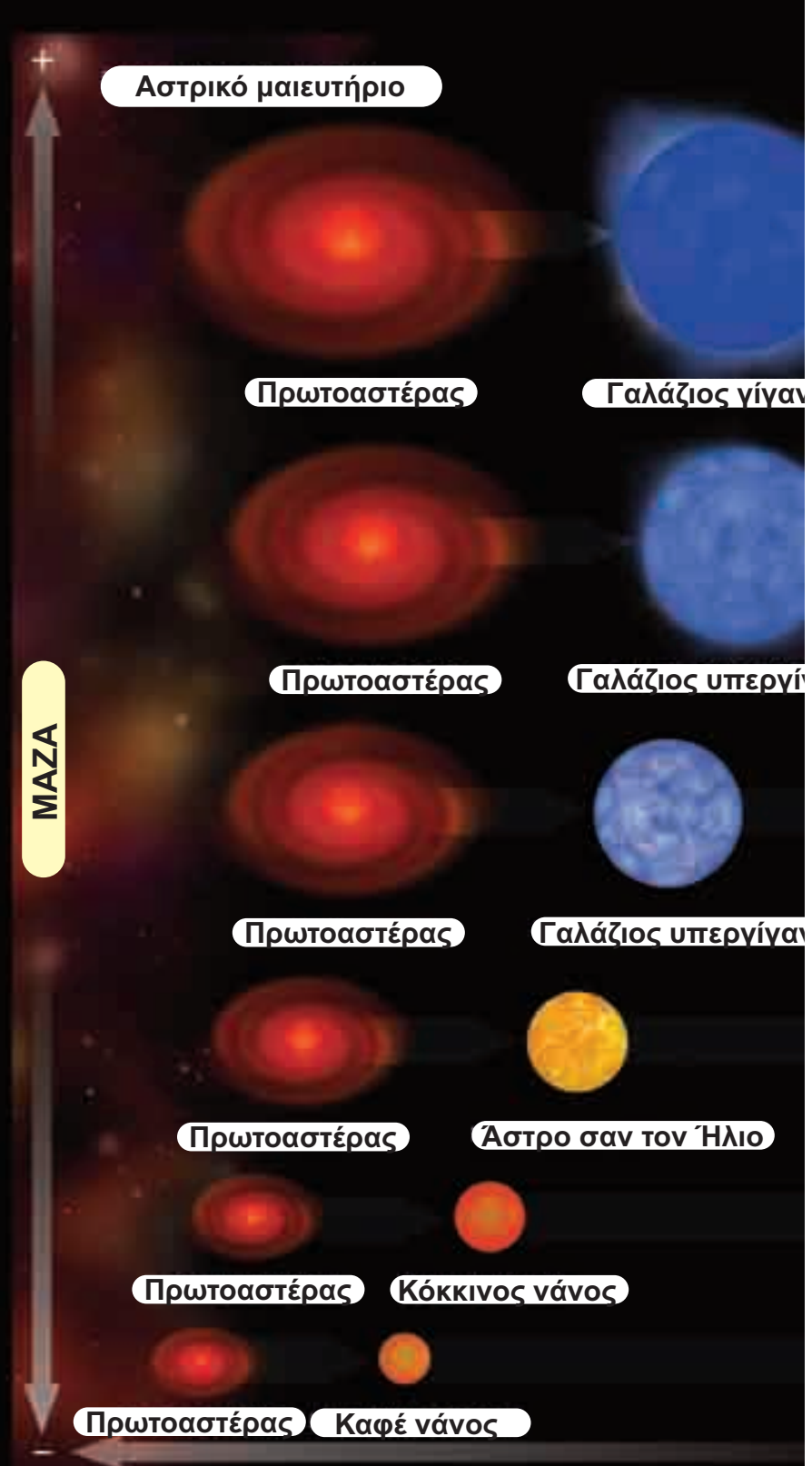
Η Εξελικτική Πορεία των Άστρων

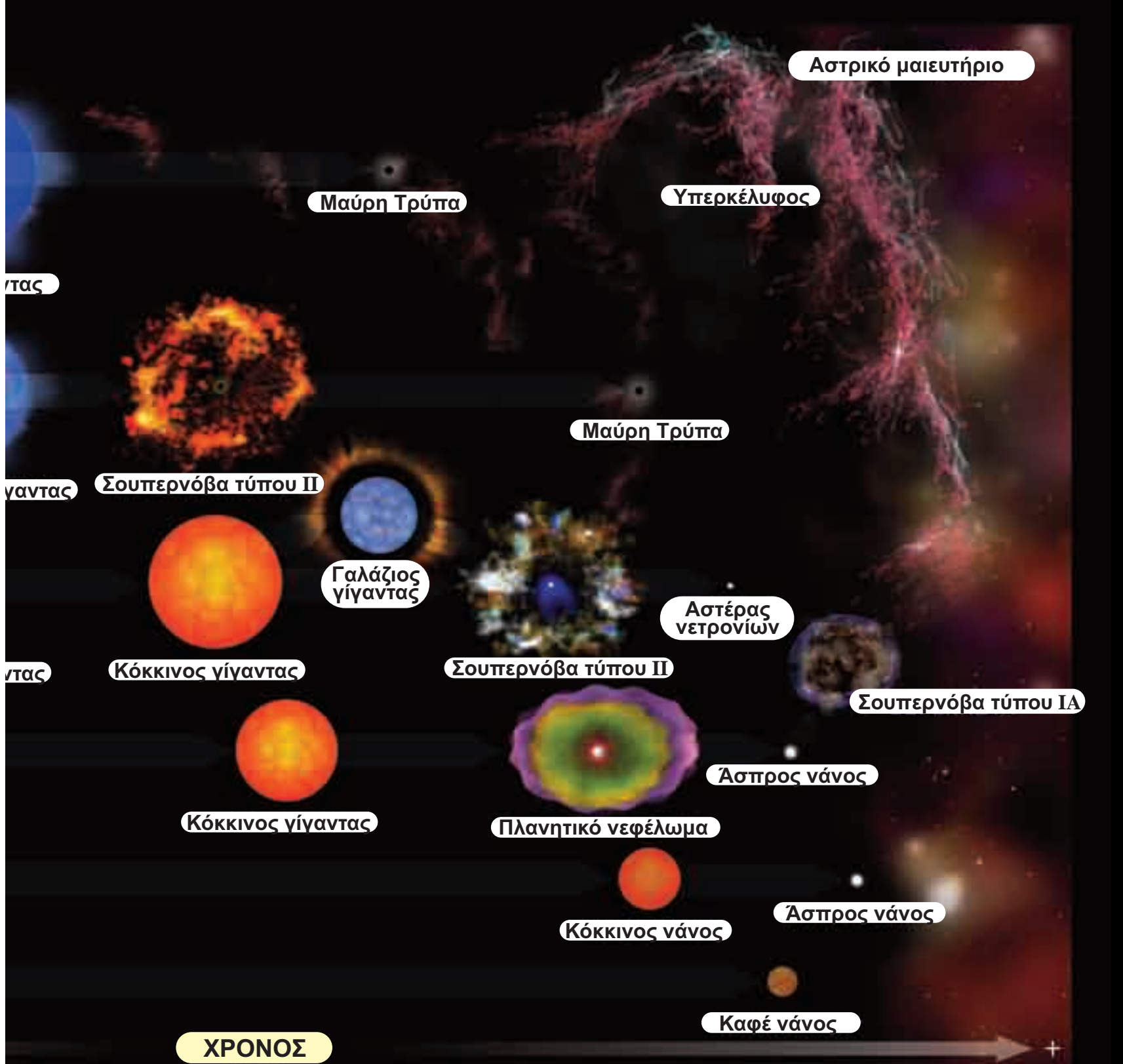
Η εφεύρεση του τηλεσκοπίου μας βοήθησε να ανακαλύψουμε ότι η «Γαλαξία Οδός» των αρχαίων Ελλήνων δεν ήταν παρά μια τεράστια συγκέντρωση δισεκατομμυρίων απόμακρων άστρων. Και καθώς ο ανθρώπινος πολιτισμός αναπτύχθηκε σιγά-σιγά, αρχίσαμε να ατενίζουμε το Γαλαξία μας, κι όλα όσα περιλαμβάνει, μ' ένα διαφορετικό μάτι. Φυσικά όταν ατενίζουμε το Γαλαξία μας από τη Γη δεν είναι δυνατόν με κανένα τρόπο να αποδοθεί πιστά το θέαμα που παρουσιάζεται στα μάτια μας: 200 δισεκατομμύρια άστρα, κίτρινα κόκκινα, μπλε, διπλά άστρα, αστρικά σμήνη, νεφελώματα, σφαιρωτά σμήνη, αποτελούν μία τεράστια αστρική πολυτεία μέσα στην οποία αντιμετωπίζουμε με δέος τα συνταρακτικά φαινόμενα της γέννησης, της εξέλιξης και του θανάτου των άστρων.

Πριν από έναν περίπου αιώνα ο τρόπος με τον οποίο λάμπει το πλησιέστερο σε μας άστρο, ο Ήλιος, καθώς κι όλα τ' άλλα άστρα τ' ουρανού, ήταν για την επιστήμη ένα μεγάλο αίνιγμα. Ένα αίνιγμα του οποίου η λύση άρχισε να διαφαίνεται όταν κατορθώσαμε να κατανοήσουμε καλύτερα τη δομή του ατόμου και τις ισχυρότατες πυρηνικές δυνάμεις που συγκρατούν τα σωματίδια που το αποτελούν. Το κλειδί, φυσικά του αινίγματος δόθηκε από τον Άλμπερτ Αϊνστάιν με τη διατύπωση της περίφημης πια εξίσωσής του: $E=mc^2$ (η ενέργεια είναι ίση με τη μάζα επί το τετράγωνο της ταχύτητας του φωτός), που σημαίνει ότι μία μικρή ποσότητα ύλης απελευθερώνει τεράστιες ποσότητες ενέργειας. Έτσι η ατομική θεωρία μας έδωσε μία πηγή ενέργειας που έχει τη δυνατότητα να τροφοδοτεί τον Ήλιο, και τ' άλλα άστρα, για δισεκατομμύρια χρόνια.

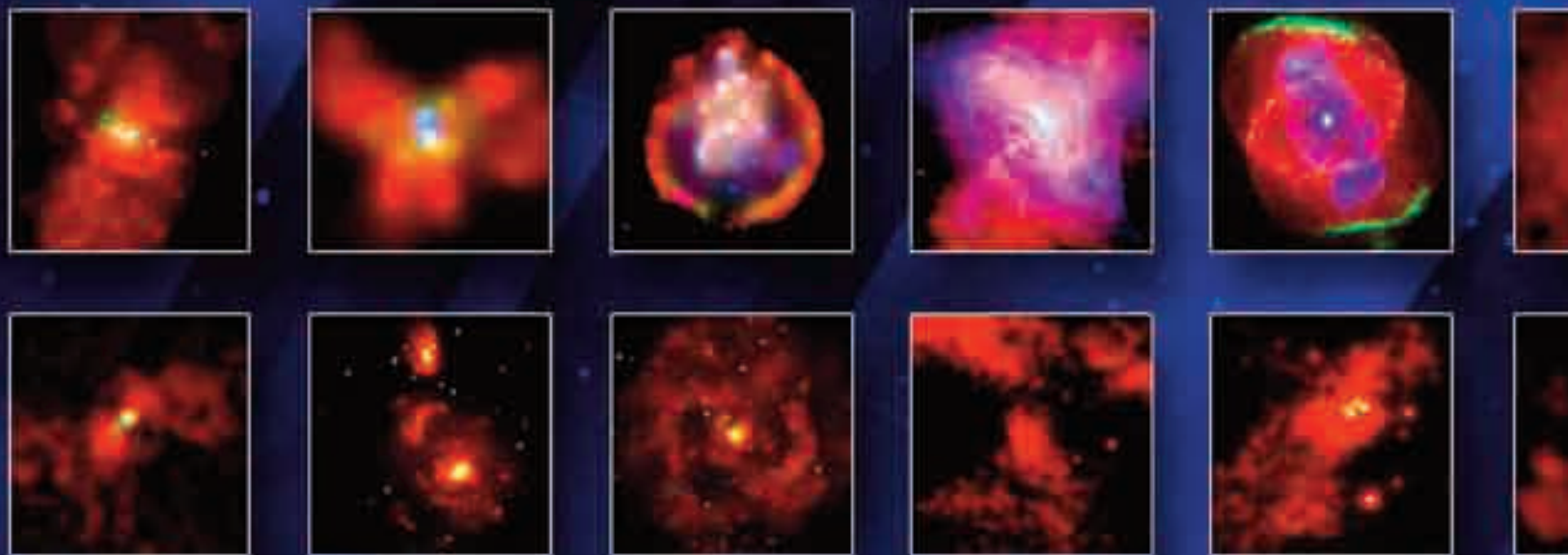
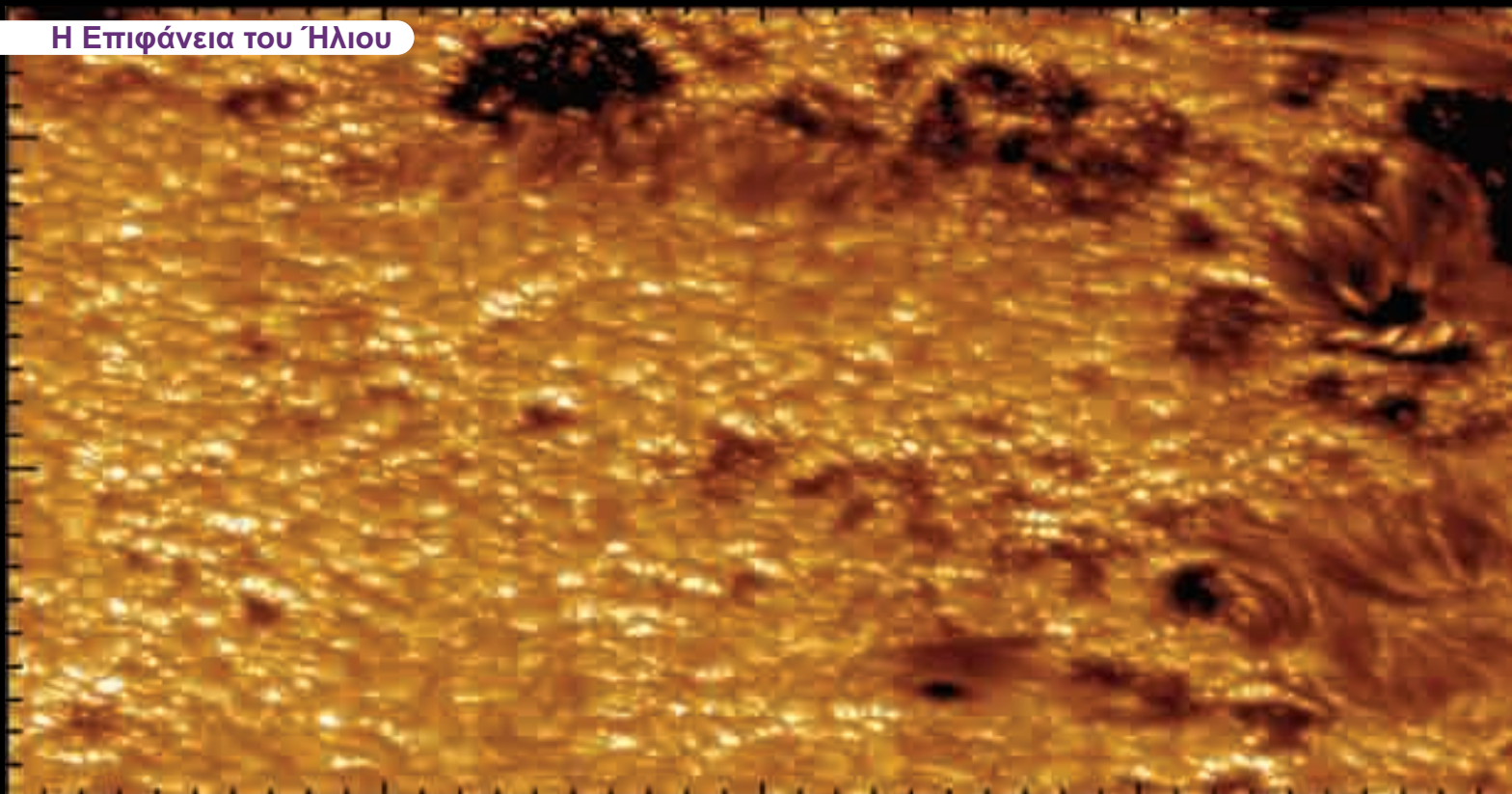
Ο Ήλιος μας φυσικά είναι ένα μέσο άστρο: ούτε πολύ μεγάλο ούτε πολύ μικρό, ούτε πολύ κρύο ούτε πολύ θερμό. Είναι μία μετριότητα: ένας κίτρινος νάνος. Η ενηλικίωσή του έγινε πριν από πέντε δισεκατομμύρια χρόνια και θα παραμείνει σ' αυτή τη φάση, στην «Κύρια Ακολουθία», όπως λέγεται, για πέντε ακόμη δισεκατομμύρια χρόνια. Σ' όλη αυτή την περίοδο ο Ήλιος μας μετέτρεπε και θα μετατρέψει 655 εκατομμύρια τόνους υδρογόνου σε ήλιο κάθε δευτερόλεπτο. Μ' αυτό το ρυθμό θα μπορούσε να συνεχίσει την ίδια δραστηριότητα επί 100 δισεκατομμύρια χρόνια, αν φυσικά θα μπορούσε να ζήσει τόσο πολύ.

Γι' αυτό, άλλωστε, το πιο σημαντικό στοιχείο στη ζωή και την εξέλιξη ενός άστρου καθορίζεται από την ποσότητα της μάζας που περιλαμβάνει. Ακόμη και η εμφάνιση των άστρων στον ουρανό εξαρτάται από την ποσότητα της ύλης που περιλαμβάνουν τη στιγμή που γεννιούνται. Μερικά άστρα γεννιούνται με λιγοστό υδρογόνο, λάμπουν αμυδρά μ' ένα αδύνατο φως, έχουν μία κοκκινωπή φαιά απόχρωση, και επιφανειακή θερμοκρασία 3.000 βαθμών Κελσίου. Άστρα σαν τον Ήλιο μας, έχουν περισσότερα υλικά, είναι θερμότερα, και λάμπουν στους 6.000 βαθμούς μ' ένα έντονο κίτρινωπό φως. Μερικά άλλα πάλι, έχουν πολλαπλάσια υλικά απ' ότι ο Ήλιος, είναι κυανόλευκα με θερμοκρασία 20.000 βαθμών και λάμπουν με την ένταση ενός εκατομμυρίου ήλιων. Η μάζα, λοιπόν, του κάθε άστρου δεν καθορίζει την εμφάνιση μόνο που έχει όταν γεννηθεί. Καθορίζει επίσης και τι είδους άστρο θα γίνει, πόσα χρόνια θα ζήσει, πώς θα είναι στη γεροντική του ηλικία, και τέλος πώς θα πεθάνει. Όλα εξαρτώνται από την ποσότητα της μάζας που έχει.





Η Επιφάνεια του Ήλιου



Ένα άστρο ενηλικιώνεται όταν η πίεση της βαρύτητας των εξωτερικών του στρωμάτων εξισορροπείται από την πίεση της ακτινοβολίας και της ενέργειας που παράγεται στον πυρήνα του από τις θερμοπυρηνικές αντιδράσεις που μετατρέπουν το υδρογόνο σε ήλιο. Έτσι το άστρο αυτό παραμένει σε ισορροπία όσο καιρό η «καύση» του υδρογόνου είναι η μοναδική θερμοπυρηνική αντίδραση που εκτελείται στον πυρήνα του. Η περίοδος αυτή της ωριμότητας ενός άστρου, διαρκεί το μεγαλύτερο μέρος της ζωής του.

Όταν ένα νέο άστρο σταθεροποιηθεί και μπει στο «δρόμο» του, η μάζα του θα του καθορίσει πόσα χρόνια θα ζήσει σταθερά. Τα μικρά κοκκινωπά άστρα, που είναι και τα πιο πολυάριθμα, έχουν αυτό το χρώμα γιατί είναι σχετικά τα πιο κρύα. Είναι αυτό που λέμε κόκκινοι νάνοι, με διάμετρο μόλις το ένα τέταρτο της διαμέτρου του Ήλιου. Τα άστρα αυτά έχουν μόλις το ένα δεκάκις χιλιοστό της λαμπρότητας του Ήλιου και είναι τόσο αμυδρά ώστε κανένα τους δεν φαίνεται από τη Γη χωρίς τη βοήθεια τηλεσκοπίου. Παρόλη όμως την αμυδρότητα και την απλότητά του, ένα μικρό κόκκινο άστρο θα επιζήσει περισσότερο από οποιοδήποτε άλλο είδος άστρου γιατί οι θερμοπυρηνικές του αντιδράσεις εκτελούνται αργά. Θα χρειαστεί πάρα πολύς καιρός για να εξαντλήσει το καύσιμο υδρογόνο του, οπότε τα μικρά κόκκινα άστρα μπορούν να λάμπουν για δεκάδες δισεκατομμύρια χρόνια χωρίς καμιά εμφανή αλλαγή.

Αντίθετα οι τεράστιοι γαλάζιοι γίγαντες είναι άστρα πλούσια σε υλικά και γι' αυτό ιδιαίτερα σπάταλα. Οι θερμοπυρηνικές τους αντιδράσεις εκτελούνται μ' έναν ταχύτατο ρυθμό, με αποτέλεσμα να ακτινοβολούν τεράστιες ποσότητες ενέργειας μέσα σε λίγο χρόνο. Γι' αυτό άλλωστε και η ζωή τους δεν πρόκειται να διαρκέσει πολύ. Ένα άστρο με υλικά 25 ηλιακών μαζών, για παράδειγμα, τα σπαταλάει γρήγορα λάμποντας 80.000 φορές πιο έντονα απ' ότι ο Ήλιος με μία θερμοκρασία 35.000 βαθμών Κελσίου.

Γι' αυτό η ζωή ενός τέτοιου άστρου στην Κύρια Ακολουθία (στην περίοδο δηλαδή της ωριμότητάς του) δεν διαρκεί περισσότερο από 3 εκατομμύρια χρόνια. Στην άλλα άκρη, ένα άστρο με το 1/2 της μάζας του Ήλιου είναι πολύ πιο συντηρητικό και δαπανά το «καύσιμο» υδρογόνο που έχει με μεγάλη «τσιγκουνιά», με αποτέλεσμα να λάμπει 40 φορές λιγότερο έντονα απ' ότι ο Ήλιος και να έχει επιφανειακή θερμοκρασία 4.000 βαθμών Κελσίου. Ένα τέτοιο άστρο θα ζήσει σταθερά, στην Κύρια Ακολουθία, επί 200 δισεκατομμύρια χρόνια.

Η ευτυχισμένη, όμως, περίοδος της ωριμότητας ενός άστρου δεν θα διαρκέσει για πάντα. Γιατί όταν σ' ένα άστρο η περιεκτικότητα του πυρήνα σε υδρογόνο πέσει κάτω από το 1%, η κεντρική «καύση» παύει σχεδόν ολοκληρωτικά. Μ' αυτόν τον τρόπο η «υδροστατική ισορροπία» που επικρατούσε ανατρέπεται. Το βάρος των εξωτερικών στρωμάτων του άστρου συμπιέζει το κέντρο, με αποτέλεσμα την αύξηση της θερμοκρασίας του πυρήνα. Η βαρύτητα των εξωτερικών στρωμάτων υπερνικάει την πίεση της εσωτερικής ακτινοβολίας κι έτσι ο αστρικός πυρήνας θερμαίνεται περισσότερο απ' ότι προηγουμένως. Σ' αυτό το σημείο τα εξωτερικά στρώματα υδρογόνου, γύρω από τον πυρήνα, υπερθερμαίνονται αυξάνοντας έτσι το ρυθμό των εκεί θερμοπυρηνικών αντιδράσεων.

Η αυξανόμενη όμως θερμοκρασία του πυρήνα θερμαίνει σιγά-σιγά όλο και πιο πολύ το «κέλυφος» υδρογόνου που το περιβάλλει. Σε μικρό σχετικά χρονικό διάστημα η θερμοκρασία στο «κέλυφος» αυτό φτάνει τα μερικά εκατομμύρια βαθμούς «ανάβοντας» τις θερμοπυρηνικές αντιδράσεις του εκεί ευρισκομένου υδρογόνου. Η καινούργια αυτή εκροή ενέργειας σπρώχνει τα εξωτερικά στρώματα του άστρου προς τα πάνω μετατρέποντάς το σιγά-σιγά σε κόκκινο γίγαντα. Αυτή τη φάση, με την ίδια διαδικασία, θα την περάσουν όλα τ' άστρα οποιαδήποτε κι αν είναι η μάζα τους. Γιατί το στάδιο του «κόκκινου γίγαντα» είναι η αρχή του τέλους για κάθε άστρο.

Κόκκινοι Γίγαντες και Άσπροι Νάνοι

Όταν ένα άστρο αρχίσει να μετατρέπεται σε κόκκινο γίγαντα ο πυρήνας του είναι ανενεργός και αποτελείται κυρίως από ήλιο. Σ' αυτό το σημείο οι θερμοπυρηνικές αντιδράσεις του υδρογόνου έχουν περιοριστεί μόνο στο κέλυφος των στρωμάτων που περιβάλλουν τον πυρήνα. Όσο μεγαλύτερη όμως είναι η μάζα ενός κόκκινου γίγαντα τόσο μεγαλύτερη είναι και η θερμοκρασία που δημιουργείται στον πυρήνα του. Στους κόκκινους γίγαντες που έχουν μάζα πάνω από το 1/2 του Ήλιου η θερμοκρασία του πυρήνα αυξάνει ραγδαία κι όταν η κεντρική αυτή θερμοκρασία φτάσει τα 100 εκατομμύρια βαθμούς Κελσίου, αρχίζουν οι θερμοπυρηνικές αντιδράσεις που μετατρέπουν το ήλιο σε βηρύλλιο και αμέσως μετά σε άνθρακα.

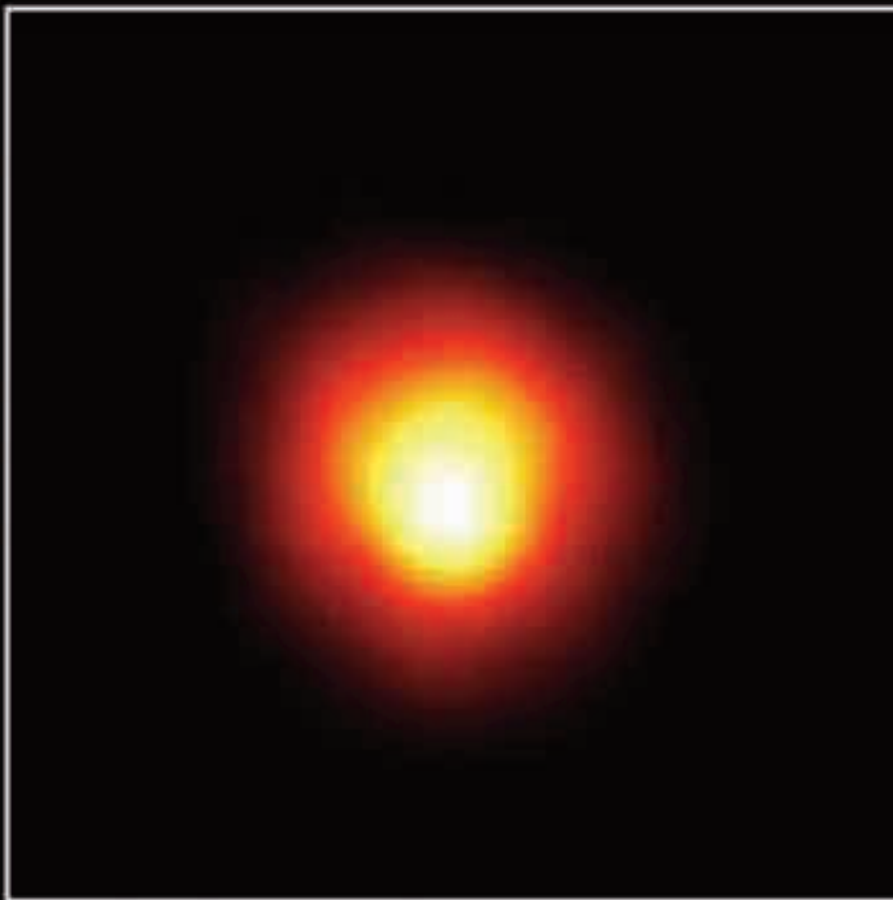
Σε άστρα με ακόμη μεγαλύτερη μάζα, και με την ίδια διαδικασία σύντηξης, οι θερμοπυρηνικές αντιδράσεις στο κέντρο τους συνεχίζονται, με αποτέλεσμα την επανάληψη του ίδιου κύκλου: καύσης, συστολής του πυρήνα λόγω βαρύτητας, αύξησης της θερμοκρασίας, σύντηξης των υλικών του πυρήνα, και πάλι από την αρχή. Μ' αυτόν τον τρόπο το υδρογόνο μετατρέπεται σε ήλιο, το ήλιο σε βηρύλλιο και άνθρακα, κ.ο.κ. σε οξυγόνο, νέον, μαγνήσιο, πυρίτιο, φωσφόρο, αργό, ασβέστιο, μέχρι το 26ο χημικό στοιχείο, τον σίδηρο. Στη συνεχή τους δηλαδή πάλη ενάντια στη βαρύτητα, τ' άστρα «καίνε» διαδοχικά τη «στάχτη» τους, τα προϊόντα δηλαδή της καύσης, των προηγούμενων θερμοπυρηνικών αντιδράσεων. Πρόκειται όμως για μία πάλη που αργά ή γρήγορα θα χάσουν, γιατί όλα τ' άστρα κάποια μέρα θα πεθάνουν. Θα πεθάνουν ακριβώς επειδή λάμπουν.





Στο στάδιο του κόκκινου γίγαντα ένα άστρο βρίσκεται στον προθάλαμο του θανάτου του που θ' αφήσει πίσω του ένα από τρία μόνο πιθανά «λείψανα» ανάλογα με την μάζα που έχει κάθε άστρο. Άστρα με λιγότερα υλικά από τέσσερις ηλιακές μάζες θα μετατραπούν σε άσπρους νάνους. Άστρα με 4 έως 25 ηλιακές μάζες θα γίνουν πάλη-σαρ ή άστρα νετρονίων. Και άστρα με ακόμη μεγαλύτερες μάζες θα καταλήξουν να γίνουν μαύρες τρύπες.

Όταν ένα άστρο της πρώτης κατηγορίας (με λιγότερα υλικά από τέσσερις ηλιακές μάζες), γίνει κόκκινος γίγαντας, μπαίνει σε μία περίοδο αστάθειας. Η βαρυτική του δύναμη δεν είναι ικανή να συγκρατήσει τα εξωτερικά του στρώματα τα οποία αποχωρίζονται σιγά-σιγά και διαφεύγουν στο Διάστημα. Τα αέρια αυτά στρώματα αποχωρώντας σχηματίζουν ένα διαστελλόμενο κέλυφος, το οποίο στα τηλεσκόπιά μας φαίνεται σαν ένας δακτύλιος αερίων. Οι αστρονόμοι των περασμένων αιώνων, με τα μικρά τους τηλεσκόπια νόμιζαν ότι τα αντικείμενα αυτά έμοιαζαν με πλανήτες, γι' αυτό και τα ονόμασαν πλανητικά νεφελώματα.



Μέγεθος Άστρου



Μέγεθος της τροχιάς της Γης



Μέγεθος της τροχιάς του Δία



Ατμόσφαιρα του Μπετελγκέζ




Τα διαστελλόμενα αέρια των πλανητικών νεφελωμάτων περιλαμβάνουν το μεγαλύτερο μέρος της αρχικής μάζας ενός άστρου, και καθώς αποχωρίζονται απ' αυτό, αφήνουν πίσω τους, αποκαλύπτοντάς τον συγχρόνως, το γυμνό υπερθερμασμένο πυρήνα του. Ο πυρήνας αυτός αποτελείται από άνθρακα και οξυγόνο, που είναι τα κατάλοιπα, η «στάχτη», των θερμοπυρηνικών αντιδράσεων του ηλίου. Αντικρίζουμε δηλαδή το «πτώμα» του αρχικού άστρου, που έχει φτάσει πια στο τέλος του.

Παρόλο όμως που ο πυρήνας αυτός έχει πάψει να παράγει ενέργεια (μία και οι θερμοπυρηνικές αντιδράσεις στο κέντρο του έχουν σταματήσει τελείως), εκπέμπει τεράστιες ποσότητες υπεριώδους ακτινοβολίας, ενώ η επιφανειακή του θερμοκρασία φτάνει τους 100.000 βαθμούς Κελσίου. Η μεγάλη όμως αυτή θερμότητα οφείλεται στην τρομαχτική συμπίεση των υλικών του που έχουν περιοριστεί σε μία σφαίρα με το μέγεθος της Γης μας. Το αρχικό μας δηλαδή άστρο έχει μετατραπεί σ' έναν άσπρο νάνο, που ακτινοβολεί ένα έντονο γαλαζόλευκο φως από μία επιφάνεια 16.000 φορές μικρότερη από την αρχική του.

Τα διαστελλόμενα αέρια του κελύφους που περιβάλλει πλέον τον νεο αποκαλυφθέντα άσπρο νάνο «ερεθίζονται» από την υπεριώδη ακτινοβολία του και λάμπουν. Χίλια μόνο πλανητικά νεφελώματα έχουν ανακαλυφθεί μέχρι τώρα γιατί η διάρκεια της ζωής τους είναι σχετικά μικρή. Μέσα σε 50.000 χρόνια τα αέρια αυτά διασκορπίζονται στο Διάστημα, παύουν να «ερεθίζονται» από τον κεντρικό τους άσπρο νάνο και δεν φαίνονται πια από τα τηλεσκόπιά μας.

Η πυκνότητα όμως της μάζας ενός άσπρου νάνου είναι τεράστια. Ένα μόνο «κουταλάκι» από τα υλικά του μπορεί να φτάσει να «ζυγίζει» μέχρι 1.000 τόνους. Κάτω από τόσο μεγάλες πιέσεις τα υλικά αυτά είναι τελείως ιονισμένα, που σημαίνει ότι τα ηλεκτρόνια έχουν αποχωριστεί τελείως από τους ατομικούς τους πυρήνες. Αλλά το σύννεφο αυτό των ηλεκτρονίων δεν μπορεί να συμπιεστεί και να περιοριστεί πέρα από έναν ορισμένο όγκο. Σ' αυτό το όριο η ύλη βρίσκεται σε μία «εκφυλισμένη» κατάσταση η οποία απαγορεύει στα ηλεκτρόνια να πλησιάσουν πολύ το ένα στο άλλο. Έτσι τα ελεύθερα «εκφυλισμένα» ηλεκτρόνια εξασκούν μία ισχυρότατη πίεση που αντιστέκεται σε οποιαδήποτε περαιτέρω συμπίεση του άσπρου νάνου με αποτέλεσμα την εξισορρόπηση του. Σ' αυτή τη φάση η θερμοκρασία του άσπρου νάνου έχει φτάσει τους 50.000 βαθμούς Κελσίου.





Ο εξωτερικός του μανδύας, και μέχρι βάθους 50 περίπου χιλιομέτρων, περιλαμβάνει το ένα δεκάκις χιλιοστό της ύλης του. Στο λεπτό αυτό στρώμα η πίεση είναι αρκετά μικρή και τα εκεί ευρισκόμενα ηλεκτρόνια δεν είναι εκφυλισμένα. Έτσι καθώς τα νετρίνα, που παράγονται στο κέντρο του, «δραπετεύουν» από το νεκρό πια άσπρο νάνο, παίρνουν μαζί τους και μεγάλες ποσότητες θερμότητας. Η διαρροή και των τελευταίων αποθεμάτων ενέργειας που διαθέτει ο άσπρος νάνος, έχει ως αποτέλεσμα τη συνεχή του ψύξη. Δέκα εκατομμύρια χρόνια μετά το σχηματισμό του, ένας άσπρος νάνος έχει το ένα δέκατο της λαμπρότητας του Ήλιου και επιφανειακή θερμοκρασία 30.000 βαθμών Κελσίου. Έτσι καθώς ο άσπρος νάνος χάνει συνεχώς τη θερμότητά του, τα ιόντα που τον αποτελούν αρχίζουν να συνδέονται μεταξύ τους σε μία «ρευστή» κατάσταση.

Σ' ένα δισεκατομμύριο χρόνια οι ατομικοί πυρήνες κρυσταλλοποιούνται μετατρέποντας σιγά-σιγά τον άσπρο νάνο σ' ένα κρυσταλλικό στερεό (κβαντικό στερεό), αρχίζοντας πρώτα από το κέντρο του και ανεβαίνοντας προς τα εξωτερικά του στρώματα. Η φάση της κρυσταλλοποίησης ενός άσπρου νάνου απαιτεί πολλή δισεκατομμύρια χρόνια, πράγμα που σημαίνει ότι κανένας άσπρος νάνος στο Γαλαξία μας δεν έχει ολοκληρώσει ακόμη αυτή τη φάση, γιατί κανένας τους δεν έχει σήμερα μικρότερη λαμπρότητα από το ένα δεκάκις χιλιοστό της λαμπρότητας του Ήλιου. Όταν όμως αυτή η φάση ολοκληρωθεί ο άσπρος νάνος δεν θα ακτινοβολεί πλέον καθόλου και θα έχει μετατραπεί σ' έναν κρυστάλλινο, άψυχο, μαύρο νάνο.

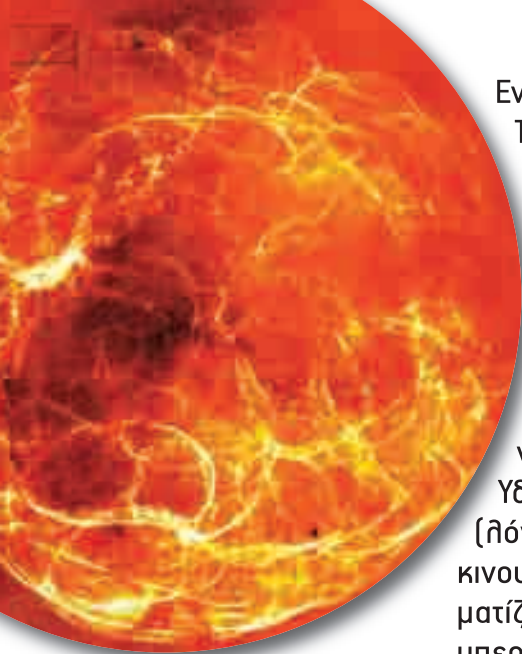
Μέχρι τώρα έχουν μελετηθεί αρκετές εκατοντάδες άσπροι νάνοι. Έτσι στα τελευταία 60 χρόνια με τη βοήθεια της κβαντομηχανικής και της θεωρίας της σχετικότητας έχει δημιουργηθεί ένα ικανό θεωρητικό υπόβαθρο που επεξηγεί την εξέλιξη αυτών των άστρων. Σ' αυτή τη μελέτη σημαντικότερη ήταν η προσφορά του Ινδοαμερικανού αστροφυσικού Subramanian Chandrasekhar (Νόμπελ Φυσικής 1983), ο οποίος υπολόγισε ότι το μέγιστο όριο της μάζας ενός άσπρου νάνου δεν μπορεί να υπερβαίνει τις 1,4 ηλιακές μάζες. Το όριο αυτό ονομάζεται Όριο Chandrasekhar. Όσο μάλιστα πιο μεγάλη είναι η μάζα του τόσο πιο μικρή είναι η διάμετρος του άσπρου νάνου. Το μικρό όμως μέγεθος, σε συνδυασμό με τη μεγάλη σχετικά μάζα, έχει ως αποτέλεσμα η βαρύτητα που επικρατεί στην επιφάνειά του να είναι 200.000 φορές μεγαλύτερη της γήινης.



Νόβα και Σουπερνόβα

Ο θάνατος των άστρων με μεγαλύτερη ποσότητα υλικών από τις τέσσερις ηλιακές μάζες, που είδαμε προηγουμένως, είναι πολύ πιο θεαματικός. Άστρα με πέντε ηλιακές μάζες και πάνω καταναλώνουν το καύσιμο υδρογόνο τους φτάνοντας στο στάδιο του κόκκινου γίγαντα μέσα σε μερικές δεκάδες εκατομμύρια χρόνια. Τα άστρα αυτά εξογκώνονται σε πραγματικούς κόκκινους υπεργίγαντες με διάμετρο 500-1.000 φορές τη σημερινή διάμετρο του Ήλιου. Στο εσωτερικό ενός τέτοιου κόκκινου υπεργίγαντα οι διεργασίες που συμβαίνουν είναι τέτοιες ώστε όταν φτάσει η στιγμή ν' αρχίσει η συστολή του, δεν μπορεί να μετατραπεί σε άσπρο νάνο με την απλή εκτόξευση των εξωτερικών του στρωμάτων όπως στην περίπτωση των πλανητικών νεφελωμάτων. Οι διεργασίες στο εσωτερικό του το κάνουν να πάλλεται, να φουσκώνει και να ξεφουσκώνει, σε μία περίοδο από μερικά λεπτά έως 50 ημέρες.

Σ' αυτή του τη φάση το άστρο αυτό μετατρέπεται σ' ένα μεταβλητό άστρο σαν τους Κηφίδες που πήραν τ' όνομά τους από το άστρο δέλτα Κηφέα. Το άστρο αυτό ήταν το πρώτο άστρο μ' αυτή τη συμπεριφορά που μελετήθηκε επιστημονικά. Αυτού του είδους τ' άστρα παίζουν ένα σπουδαίο ρόλο στην Αστρονομία γιατί βρέθηκε να υπάρχει μία άμεση σχέση μεταξύ της περιόδου των παλμών τους και της πραγματικής τους λαμπρότητας. Μ' αυτό τον τρόπο οι Κηφίδες βοηθούν στον υπολογισμό των αποστάσεων στο Διάστημα. Το Πολικό Άστρο στον αστερισμό της Μικρής Άρκτου, που σηματοδοτεί το Βόρειο Ουράνιο Πόλο, είναι ένας μεταβλητός Κηφίδης που πάλλεται εδώ και 40.000 χρόνια.



Ενδιαφέρον έχουν επίσης κι όλη όσα συμβαίνουν σε δύο στενά συνδεδεμένα άστρα. Τα άστρα αυτά ονομάζονται συμβιωτικά, αφού σε πολλές παρόμοιες περιστάσεις βρίσκουμε ότι οι αιώνες της αστρικής εξέλιξης έχουν σαν αποτέλεσμα το στενό θανατηφόρο αγκάλιασμά τους. Μ' έναν θεαματικό τρόπο τα άστρα αυτά παραμορφώνονται κυριολεκτικά σε σχήματα αυγού ή σταγόνας καθώς η ύλη του ενός διαφεύγει και αναμειγνύεται με την ύλη του άλλου σχηματίζοντας έτσι μία παράξενη παραμορφωμένη διαστημική κληψύδρα. Πολλά σενάρια είναι πιθανά, ανάλογα με την αρχική μάζα του κάθε άστρου και την απόσταση μεταξύ τους. Σε πολλές όμως περιστάσεις ένα συμβιωτικό ζευγάρι αποτελείται από έναν κόκκινο γίγαντα και έναν άσπρο νάνο, όπως στην περίπτωση του διπλού συστήματος R-Υδροχόου. Σ' αυτή την περίπτωση η μεγαλύτερη βαρυτική δύναμη του άσπρου νάνου (λόγω της μεγαλύτερης πυκνότητάς του), έλκει προς αυτό τα αδύναμα υλικά του κόκκινου γίγαντα, με αποτέλεσμα μία σπειροειδή ροή ύλης από το γίγαντα στο νάνο σχηματίζοντας έναν «σφιχτοδεμένο» δίσκο γύρω από το μικρότερο άστρο. Η ύλη αυτή υπερθερμαίνεται σε τρομακτικές θερμοκρασίες και τελικά συγκρούεται με την επιφάνεια του άσπρου νάνου.

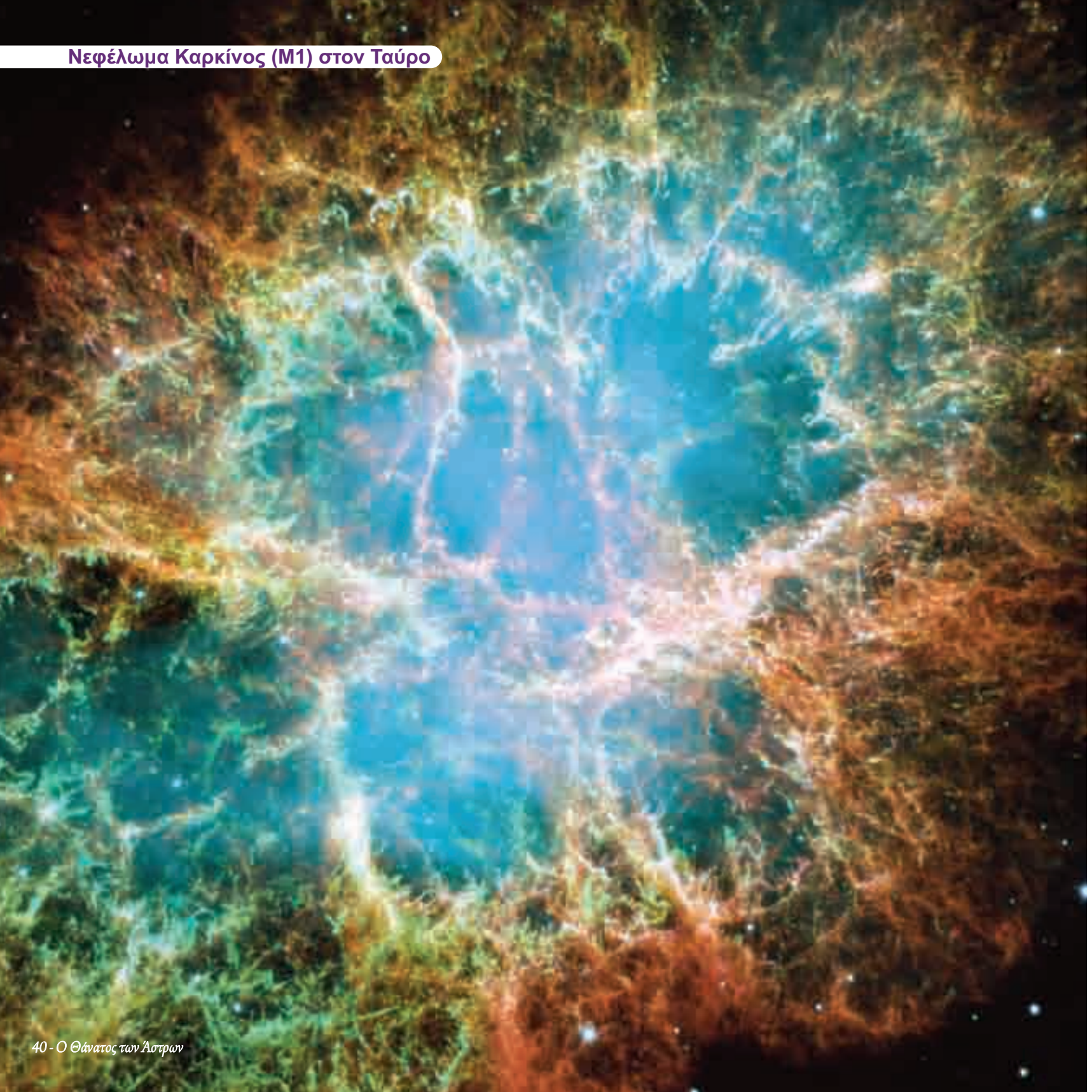


Η συνεχής προσθήκη υλικών στον άσπρο νάνο δημιουργεί την αναγκαία κρίσιμη μάζα που μετατρέπει το όλο σύστημα σ' έναν τεράστιο πυρηνικό αντιδραστήρα εκτός ελέγχου. Όταν συμβεί κάτι τέτοιο, μέσα σ' ελάχιστα λεπτά η περιοχή γύρω από το νάνο μετατρέπεται σε μία λυσσασμένη κόλλαση ασυγκράτητης πυρηνικής σύντηξης. Έτσι με την ενέργεια τρισεκατομμυρίων βομβών υδρογόνου τεράστιες ποσότητες υλικών εκσφενδονίζονται στο Διάστημα εμπλουτίζοντας το διαστημικό χώρο με «βαριά» χημικά στοιχεία (ανώτερα του σιδήρου) που δημιουργήθηκαν κατά τη διάρκεια της έκρηξης. Μία τέτοια έκρηξη ονομάζεται νόβα. Αν η έκρηξη είναι αρκετά μεγάλη μπορεί να εκτοξεύσει και τα δύο αυτά άστρα σε διαφορετικές κατευθύνσεις μέσα στο Διάστημα. Αν όχι, τα άστρα αυτά μπορεί να επιζήσουν και να επανέλθουν σιγά-σιγά στην προηγούμενη κατάστασή τους, ξαναθαμώνοντας αρ- γότερα το γύρω Διάστημα με το βίαιο ξέσπασμα μίας νέας νόβα.

«Στέλλα νόβα» στα λατινικά σημαίνει νέο άστρο, παρόλο που στην πραγματικότητα μία τέτοια έκρηξη σηματοδοτεί το τελευταίο στάδιο της ζωής του. Πριν από αιώνες όμως όσοι παρατηρούσαν τον ουρανό και έβλεπαν παρόμοιες επιθανάτιες εκρήξεις εκεί που προηγουμένως δεν έβλεπαν κανένα άστρο, νόμιζαν ότι αντίκριζαν τη γέννηση ενός νέου (νόβα) άστρου. Τέτοιου είδους άστρα που πρώτα, λόγω της απόστασής τους, ήσαν πάρα πολύ αμυδρά για να παρατηρηθούν με γυμνό μάτι γίνονται ξαφνικά τόσο εμφανή ώστε μερικές φορές λάμπουν και την ημέρα.



Νεφέλωμα Καρκίνος (M1) στον Ταύρο



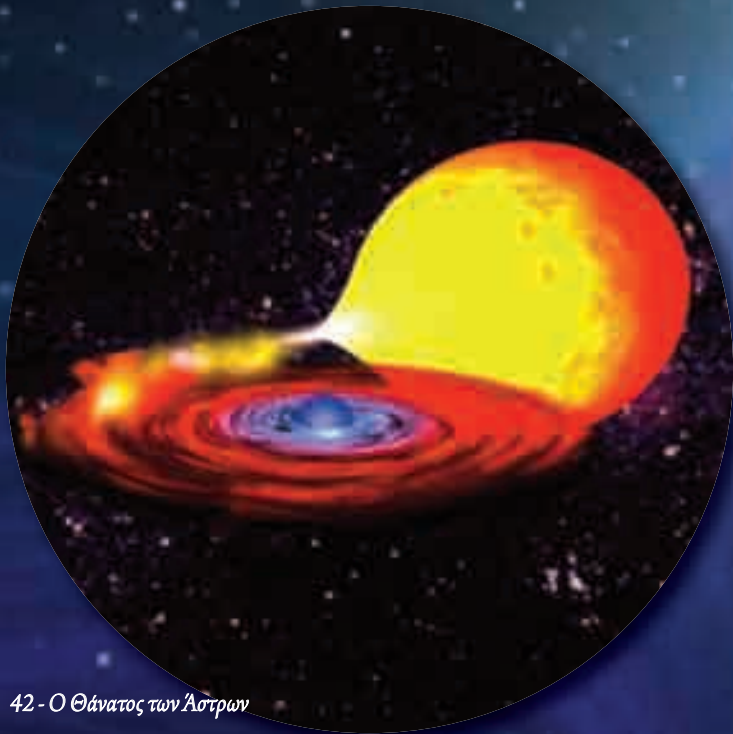
Τα άστρα αυτά μπορεί να εκτοξεύσουν τα υλικά τους περισσότερες από μία φορές. Δεν υπάρχει όμως δεύτερη φορά για τ' άστρα που έχουν ύλη πολλαπλάσια της ύλης που έχει ο Ήλιος μας. Όταν τ' άστρα αυτά, από τις διεργασίες που συμβαίνουν στο εσωτερικό τους, αναγκαστούν να εκραγούν, τότε η έκρηξη που επακολουθεί είναι ένα από τα πιο βίαια φαινόμενα στο Σύμπαν. Η έκρηξη αυτή ονομάζεται σουπερνόβα, και έχει σαν αποτέλεσμα την κυριολεκτική διάλυση του άστρου που την προκάλεσε. Μία τέτοια έκρηξη παρατηρήθηκε στην Κίνα πριν από 950 περίπου χρόνια.

Στις 4 Ιουλίου του 1054 μ.Χ. ο αστρονόμος του Κινέζου αυτοκράτορα, παρατήρησε την εμφάνιση ενός τέτοιου «νέου» άστρου, η λαμπρότητά του οποίου ήταν τόσο μεγάλη ώστε το άστρο αυτό φαινόταν στον ουρανό ακόμη και την ημέρα για τρεις ολόκληρες εβδομάδες. Σιγά-σιγά όμως άρχισε να ξεθωριάζει μέχρις ότου, 21 μήνες μετά την εμφάνισή του, ο λαμπρός αυτός «επισκέπτης» είχε πια χαθεί από τον ουρανό. Ο «επισκέπτης» αστέρας του 1054 μ.Χ. ήταν η επιθανάτια έκρηξη ενός τεράστιου γέρικου άστρου που στα τελευταία στάδια της ζωής του μετατράπηκε σε σουπερνόβα. Το άστρο αυτό βρισκόταν σε απόσταση 6.300 ετών φωτός και στη μεγαλύτερή του ένταση έλαμπε με την ισχύ 500 εκατομμυρίων ήλιων. Από τη Γη ο Κινέζος αστρονόμος παρακολούθησε ένα γεγονός που είχε συμβεί πριν από 6.300 χρόνια, γύρω στο 5200 π.Χ., όταν οι Σουμέριοι εγκαταστάθηκαν στη Μεσοποταμία.

Στο σημείο εκείνης της έκρηξης τα σύγχρονα τηλεσκόπια έχουν αποκαλύψει ένα φωτεινό νεφέλωμα που μοιάζει με κάβουρα και γι' αυτό ονομάστηκε Νεφέλωμα Καρκίνος. Και ενώ το Μεγάλο Νεφέλωμα του Ωρίωνα είναι ένα τεράστιο βρεφοκομείο νεογέννητων άστρων, το Νεφέλωμα Καρκίνος στον αστερισμό του Ταύρου είναι τα υπολείμματα ενός κατεστραμμένου άστρου που παρόλα αυτά λάμπει ακόμη και σήμερα με τη φωτεινότητα 30.000 ήλιων. Από τη μία άκρη στην άλλη το Νεφέλωμα Καρκίνος έχει διάμετρο έξι ετών φωτός ή 57 τρισεκατομμυρίων χιλιομέτρων, που σημαίνει ότι το μέγεθός του είναι 140 εκατομμύρια φορές μεγαλύτερο από την απόσταση Γης-Σελήνης ή 370.000 φορές μεγαλύτερο από την απόσταση Γης-Ηλίου. Το νεφέλωμα αυτό συνεχώς διαστέλλεται όλο και πιο πολύ με μία ταχύτητα που φτάνει τα τέσσερα εκατομμύρια χιλιόμετρα την ώρα. Αν η διαστολή αυτή συνεχιστεί με τον ίδιο ρυθμό, τα υπολείμματα αυτά της σουπερνόβα θα φτάσουν στη Γη σε δύο περίπου εκατομμύρια χρόνια.



Πάλσαρ: Παλλόμενες Ραδιοπηγές



Πριν από 50 περίπου χρόνια στον αστερισμό των Ιστίων, παρατηρήθηκε για πρώτη φορά μία αχνή, νεφελώδης περιοχή, που ήταν παρόμοια με το νεφέλωμα Καρκίνος. Το νεφέλωμα αυτό διερευνήθηκε επισταμένα το 1950-1955 από τον Αυστραλό αστρονόμο Colin Gum από τον οποίο πήρε και το όνομά του. Το νεφέλωμα Γκαμ απέχει μόλις 1500 έτη φωτός από μας και η έκρηξη του άστρου από την οποία σχηματίστηκε είχε την λαμπρότητα της Πανσελήνου. Κανείς όμως δεν κατέγραψε τη λαμπερή αυτή σουπερνόβα, γιατί η έκρηξη του άστρου συνέβη πριν από 30.000 χρόνια, στη διάρκεια της Παλαιολιθικής Εποχής. Δύο άλλες όμως σουπερνόβα και παρατηρήθηκαν και καταγράφηκαν.

Στις 11 Νοεμβρίου 1572 μία λαμπερή έκρηξη παρατηρήθηκε από τον περίφημο Δανό αστρονόμο Τύχων Μπραχ στον αστερισμό της Κασσιόπης. Το φαινόμενο αυτό ήταν για τον 26χρονο τότε αστρονόμο κάτι το εκπληκτικό με αποτέλεσμα να παρακολουθήσει με προσοχή την εξέλιξη της φωτεινότητας του «νέου» άστρου και να συγγράψει (στα Λατινικά όπως συνήθιζαν τότε), το πρώτο βιβλίο γι' αυτό το θέμα με τίτλο «De Nova Stella» («Για το Νέο Άστρο»). Μερικά χρόνια αργότερα, το 1604, ο μαθητής του Μπραχ, Γερμανός αστρονόμος Johannes Kepler παρατήρησε κι αυτός την εμφάνιση ενός «υπερνέου» άστρου στον αστερισμό του Οφιούχου. Έκτοτε και μέχρι το 1987, καμιά άλλη εμφάνιση κοντινής σουπερνόβα δεν παρατηρήθηκε από οποιονδήποτε.

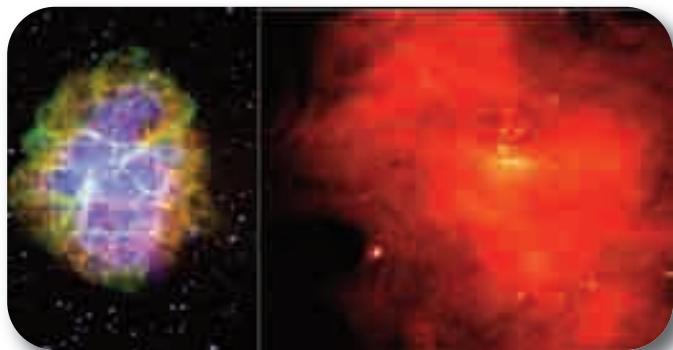
Τον Αύγουστο του 1967 Άγγλοι ραδιοαστρονόμοι (ο καθηγητής A. Hewish, Νόμπελ Φυσικής 1974, και η ερευνήτρια J.S. Bell) παρατήρησαν στον ουρανό, στο μέσο σχεδόν της αποστάσεως ανάμεσα στα άστρα Βέγα στον αστερισμό της Λύρας και Αλτάιρ στον αστερισμό του Αετού, μερικούς παράξενους ραδιοπαλμούς. Οι παλμοί αυτοί ήσαν τόσο απόηλα σταθεροί ώστε στην αρχή θεωρήθηκαν ότι ήσαν τα σήματα κάποιου τεχνολογικά προηγμένου διαστημικού πολιτισμού. Αργότερα όμως ανακαλύφθηκαν παρόμοια σήματα και σε άλλα σημεία τ' ουρανού, ονομάστηκαν παλλόμενες ραδιοπηγές και έγιναν γνωστές με τη διεθνή συγκεκριμένη ονομασία τους: Πάλσαρ.

Τον Οκτώβριο του 1968 Αμερικανοί ραδιοαστρονόμοι ανακάλυψαν στο νεφέλωμα Καρκίνος έναν πάλσαρ που είχε τη μικρότερη μέχρι τότε παλμική περίοδο, και έφτανε το 0,033099 του δευτερολέπτου. Ο ίδιος ο Πάλσαρ δεν ξέφυγε τελικά ούτε και από τις φωτογραφικές μας μηχανές. Μ' ένα ειδικό σύστημα μπορέσαμε να φωτογραφίσουμε την πηγή των ραδιοπαλμών, που απεδείχθη ότι ήταν ένα μικροσκοπικό άστρο 12 χιλιομέτρων, στο κέντρο σχεδόν του νεφελώματος, με την καταπληκτική ιδιότητα να αναβοσβήνει 30 φορές κάθε δευτερόλεπτο.

Η ύπαρξη των παράξενων αυτών άστρων είχε προβλεφθεί από τη δεκαετία ακόμη του 1930. Σύμφωνα με τις απόψεις αυτές, η απότομη και υπερβολικά γρήγορη βαρυτική κατάρρευση των υλικών της καρδιάς ενός γιγάντιου άστρου πρέπει να έχει ως αποτέλεσμα την τρομαχτική συμπίεση του αστρικού κέντρου στην πυκνότητα ενός ατομικού πυρήνα. Συγχρόνως η έκρηξη και η αποβολή των εξωτερικών στρωμάτων του άστρου πρέπει να θεωρείται ένα παράλληλο και αναπόφευκτο φαινόμενο της όλης διαδικασίας της κατάρρευσης του αστρικού πυρήνα.

Μία τέτοια έκρηξη συμπιέζει τον πυρήνα του άστρου σε τέτοιο βαθμό ώστε η ύλη από την οποία αποτελείται να είναι τόσο πυκνά «πακεταρισμένη» ώστε το άστρο αυτό να μοιάζει μ' έναν τεράστιο ατομικό πυρήνα. Και πράγματι, όταν στο τέλος της ζωής του τα υλικά που έχουν απομείνει σ' ένα άστρο υπερβαίνουν το όριο Chandrasekhar, είναι δηλαδή πάνω από 1,4 αλλά κάτω από 3 ηλιακές μάζες, τότε το άστρο αυτό δεν πεθαίνει ως άσπρος νάνος, αλλά αντίθετα η συμπίεση των υλικών του συνεχίζεται πέρα από την πυκνότητα των άσπρων νάνων.

Κάτω από την τεράστια αυτή συμπίεση τα αρνητικά φορτισμένα ηλεκτρόνια των χημικών στοιχείων του άστρου συγχωνεύονται με τα θετικά φορτισμένα πρωτόνια του πυρήνα με αποτέλεσμα τη δημιουργία νετρονίων και νετρίνων. Και ενώ τα νετρίνα δραπετεύουν άμεσα από το άστρο, μεταφέροντας μάλιστα και αρκετή από την ενέργειά του, τα νεοσχηματισμένα νετρόνια παραμένουν εκεί και ενώνονται με τα ήδη υπάρχοντα νετρόνια των ατομικών πυρήνων. Όλα αυτά τα νετρόνια όμως είναι τόσο σφιχτά συμπιεσμένα ώστε να ακουμπάνε σχεδόν το ένα με το άλλο. Αποτέλεσμα αυτής της συμπίεσης είναι η δημιουργία μιας σφαίρας μερικών χιλιομέτρων με την πιο λεία, στερεή επιφάνεια που έχει γνωρίσει ποτέ το Σύμπαν. Βρισκόμαστε δηλαδή αντιμέτωποι μ' ένα άστρο νετρονίων.



Κέλυφος
υπερνόβα

Ψεις
γάμα

Προς Γη

Οι θεωρητικές αυτές εκτιμήσεις για την ύπαρξη των άστρων αυτών διατυπώθηκαν, ανεξάρτητα ή και σε συνεργασία, από αρκετούς περίφημους αστρονόμους και αστροφυσικούς σ' όλη τη διάρκεια της δεκαετίας του 1930. Στους ερευνητές που συνεισέφεραν ουσιαστικά άλλος λιγότερο κι άλλος περισσότερο, στο θεωρητικό αυτό υπόβαθρο, περιλαμβάνονται οι Robert Oppenheimer, Lee Landau, Fritz Zwicky, Walter Baade, George Volkoff και Subrahmanyan Chandrasekhar. Παρόλα όμως αυτά πολλοί επιστήμονες διαφώνησαν τότε με το όλο σκεπτικό, κι έτσι η ιδέα της ύπαρξης τέτοιων άστρων νετρονίων μπήκε σύντομα στο περιθώριο για τρεις περίπου δεκαετίες.

Από τη δεκαετία όμως του 1950 η διερεύνηση των πληροφοριών που προέρχονταν από το Νεφέλωμα Καρκίνος είχε αρχίσει να εξάπτει τη φαντασία των αστροφυσικών. Το 1953 ο Σοβιετικός Ι. Σηλόφσκι ανακοίνωσε ότι το νεφέλωμα Καρκίνος εξέπεμπε ακτινοβολία σαν τους επιταχυντές ηλεκτρονίων που είχαν αρχίσει να λειτουργούν από το 1947. Σύμφωνα μ' αυτή την άποψη τα ηλεκτρόνια στο νεφέλωμα Καρκίνος ακτινοβολούσαν σαν να βρίσκονταν μέσα σ' ένα συγχροτρόνιο. Με τον τρόπο αυτό τα πιο αργά ηλεκτρόνια εξέπεμπαν ραδιοακτινοβολία, ενώ τα ταχύτερα εξέπεμπαν ορατό φως.

Επειδή όμως η ακτινοβολία ενός συγχροτρονίου είναι ρολορισμένη, τότε σύμφωνα με την άποψη του Σηλόφσκι το φως από το νεφέλωμα Καρκίνος θα 'πρεπε αναπόφευκτα να αναβοσβήνει αν περιστρέφαμε κατάλληλα ένα πολορισμένο φίλτρο. Πράγμα που επιβεβαιώθηκε την ίδια εκείνη χρονιά. Έτσι όταν το 1968 ανακοινώθηκε η ανακάλυψη του πάλσαρ στο νεφέλωμα Καρκίνος, διάφορες αστροφυσικές ομάδες ερευνητών εντατικοποίησαν τις μελέτες τους και σύντομα εντοπίστηκαν αρκετές δεκάδες παρόμοιων αντικειμένων.

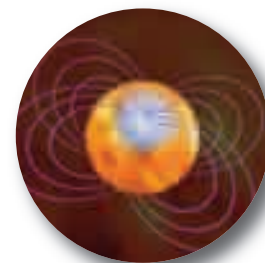


Άστρα Νετρονίων

Ένας από τους στόχους των ερευνητών για την καλύτερη κατανόηση των πάλλσαρ ήταν και η επεξήγηση της όλης διαδικασίας που τα έκανε να συναγωνίζονται σε απόλυτη ακρίβεια τα καλύτερα ανθρώπινα ρολόγια. Ποιος ήταν άραγε ο «μηχανισμός» εκείνος που επέτρεπε στα πάλλσαρ να εκπέμπουν τις ραδιοακτινοβολίες τους με ρυθμό μέχρι και 30 φορές κάθε δευτερόλεπτο, και με τόσο απόλυτη σταθερότητα; Η περίπτωση της περιφοράς ενός πάλλσαρ αποκλείστηκε πρώτη απ' όλες γιατί με περιόδους μικρότερες των 2 δευτερολέπτων, η απόσταση που χωρίζει τα δύο άστρα θα 'πρεπε να είναι μικρότερη κι από το ίδιο τους το μέγεθος. Ούτε όμως η παλλμική κίνηση μπορεί να γίνει αποδεκτή, γιατί η ύπαρξη τόσο γρήγορων παλλμών θα διέλυε κυριολεκτικά ένα άστρο.

Τη λύση έδωσε ο αστρονόμος Τόμας Γκορντ, του Πανεπιστημίου Κορνέλι, ο οποίος ταύτισε τα πάλλσαρ με τα άστρα νετρονίων των θεωριών που είχαν διατυπώσει οι Οπενχάιμερ και Λαντάου. Σύμφωνα με την άποψη του Γκορντ η συμπίεση των υλικών του άστρου το κάνει να μικραίνει όλο και πιο πολύ. Αλλά όσο μικραίνει το άστρο τόσο μεγαλώνει ο ρυθμός της περιστροφής του σύμφωνα με τις απαιτήσεις του νόμου της διατήρησης της στροφορμής. Συμβαίνει δηλαδή ακριβώς το ίδιο που κάνει μία μπαλαρίνα, η οποία όταν μαζεύει τα απλωμένα χέρια της πλησιέστερα στο σώμα της, περιστρέφεται όλο και πιο γρήγορα.

Η συμπίεση όμως ενός άστρου κατά 70.000 φορές, στο μέγεθος ενός άστρου νετρονίων, έχει ως αποτέλεσμα την αύξηση του μαγνητικού του πεδίου κατά 5 δισεκατομμύρια φορές. Έτσι τα ηλεκτρόνια που ξεφεύγουν από την επιφάνεια του άστρου λόγω της γρήγορης περιστροφής του, φυλακίζονται από το ισχυρότατο αυτό μαγνητικό πεδίο.

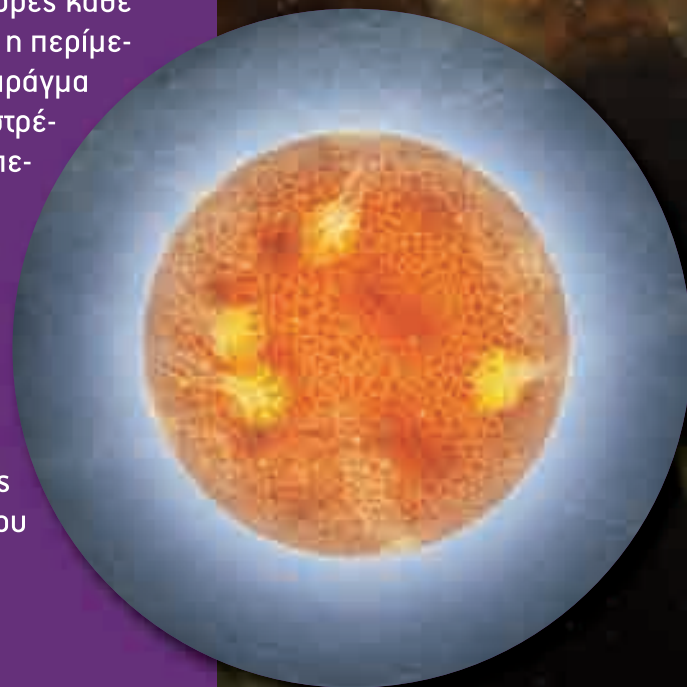


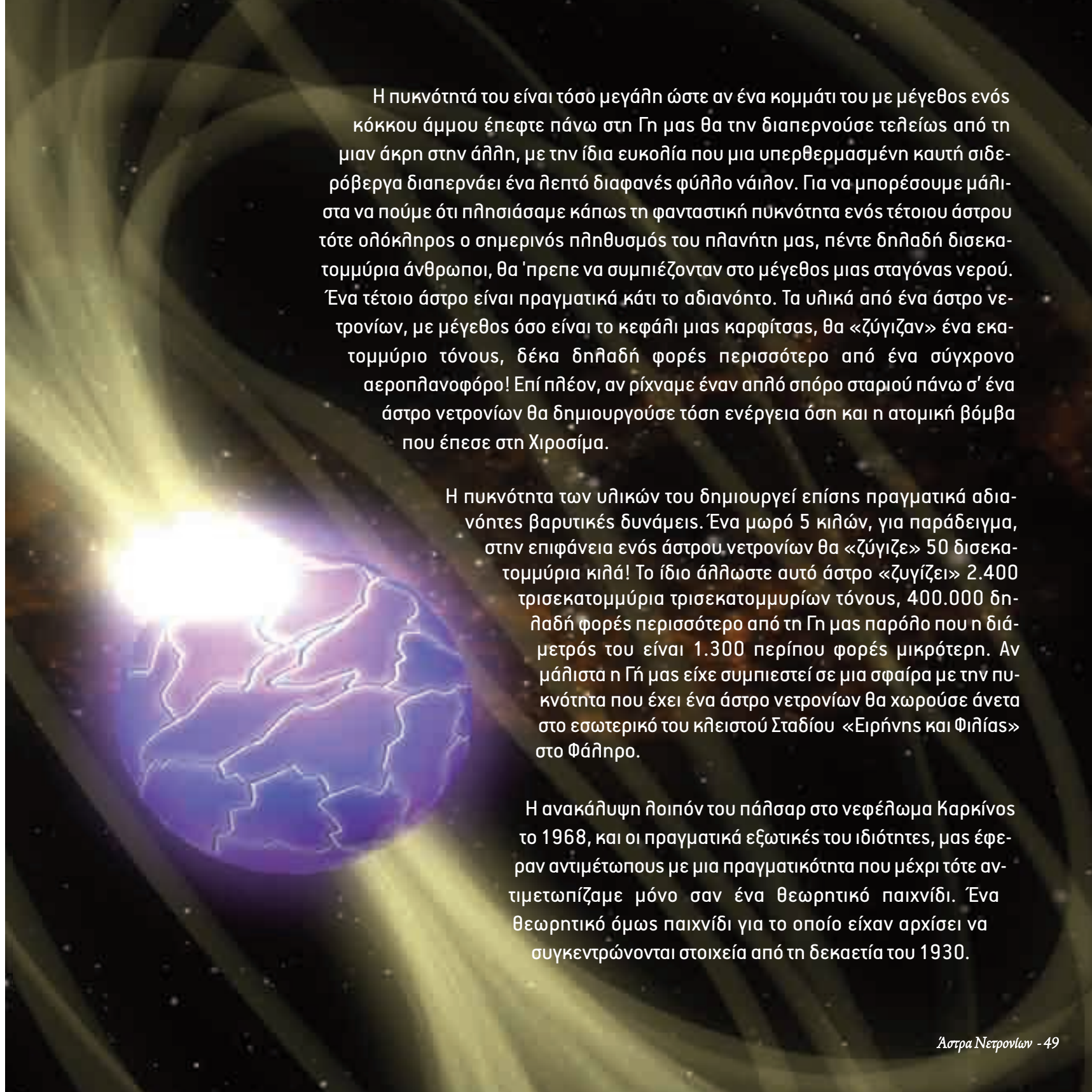
Καθώς όμως το άστρο περιστρέφεται όλο και πιο γρήγορα μεγάλες ποσότητες από τα αιχμαλωτισμένα ηλεκτρόνια κατορθώνουν να διαφύγουν δραπέτευοντας από τους μαγνητικούς πόλους του άστρου. Επειδή συνήθως οι μαγνητικοί πόλοι δεν συμπίπτουν με τους πόλους της περιστροφής ενός άστρου, η διασπορά των ηλεκτρονίων στο Διάστημα εντοπίζεται μόνο με κάθε εμφάνιση των δύο μαγνητικών του πόλων. Τα διαφεύγοντα ηλεκτρόνια, λόγω της ύπαρξης του μαγνητικού πεδίου, χάνουν ενέργεια με τη μορφή μικροκυμάτων, και επειδή τα μικροκύματα δεν επηρεάζονται από μαγνητικά πεδία κατορθώνουν να διασκορπιστούν σαν πίδακες ακτινοβολίας στο Διάστημα.

Κάθε άστρο νετρονίων λοιπόν εκπέμπει μ' αυτό τον τρόπο πίδακες ραδιοκυμάτων από τους μαγνητικούς του πόλους. Αλλά ένα μόνο πάλσαρ στα εκατό είναι τοποθετημένο «σωστά» σε σχέση με τη Γη, ώστε η περιστροφή των μαγνητικών του πόλων να στέλνει στη Γη μας παρατηρήσιμες ραδιοεκπομπές. Έτσι από τα 100.000 πάλσαρ που υπολογίζεται ότι υπάρχουν στο Γαλαξία μας δεν είναι δυνατόν να παρατηρήσουμε περισσότερα από 1.000, αν και μέχρι σήμερα έχουν ήδη ανακαλυφτεί πάνω από 550.

Ένα απ' αυτά μάλιστα, που ανακαλύφτηκε στις 12 Νοεμβρίου 1982 και πήρε την ονομασία PSR1937+214 έχει μια καταπληκτική περιστροφική περίοδο που φτάνει τα 0,001557806449023 του δευτερολέπτου, που σημαίνει ότι το άστρο αυτό των νετρονίων περιστρέφεται γύρω από τον άξονά του 642 φορές κάθε δευτερόλεπτο! Αν η διάμετρός του είναι 20 περίπου χιλιόμετρα τότε η περίμετρος του ισημερινού του δεν υπερβαίνει τα 63 περίπου χιλιόμετρα, πράγμα που σημαίνει ότι ένα οποιοδήποτε σημείο στον ισημερινό του περιστρέφεται με ταχύτητα 40.446 χιλιομέτρων το δευτερόλεπτο ή με 13,5% περίπου της ταχύτητας του φωτός!

Ένα άστρο νετρονίων όμως έχει κι άλλες καταπληκτικές ιδιότητες. Αν για παράδειγμα μπορούσαμε να εισχωρήσουμε βαθιά στο κέντρο των φωτεινών αερίων που αποτελούν το νεφέλωμα Καρκίνος θα βρισκόμασταν αντιμέτωποι με μια απίστευτη αστρική ραδιοπηγή που εκπέμπει τόση ενέργεια όσο 10.000 άστρα σαν τον Ήλιο. Με διάμετρο μερικών μόνο χιλιομέτρων, το άστρο αυτό είναι ο υπερσυμπιεσμένος αστρικός πυρήνας που απέμεινε μετά την έκρηξη της σουπερνόβα του 1054 μ.Χ.





Η πυκνότητά του είναι τόσο μεγάλη ώστε αν ένα κομμάτι του με μέγεθος ενός κόκκου άμμου έπεφτε πάνω στη Γη μας θα την διαπερνούσε τελείως από τη μian άκρη στην άλλη, με την ίδια ευκολία που μια υπερθερμασμένη καυτή σιδερόβεργα διαπερνάει ένα λεπτό διαφανές φύλλο νάιλον. Για να μπορέσουμε μάλιστα να πούμε ότι πλησιάσαμε κάπως τη φανταστική πυκνότητα ενός τέτοιου άστρου τότε ολόκληρος ο σημερινός πληθυσμός του πλανήτη μας, πέντε δηλαδή δισεκατομμύρια άνθρωποι, θα 'πρεπε να συμπιέζονταν στο μέγεθος μιας σταγόνας νερού. Ένα τέτοιο άστρο είναι πραγματικά κάτι το αδιανόητο. Τα υλικά από ένα άστρο νετρονίων, με μέγεθος όσο είναι το κεφάλι μιας καρφίτσας, θα «ζυγίζαν» ένα εκατομμύριο τόνους, δέκα δηλαδή φορές περισσότερο από ένα σύγχρονο αεροπλανοφόρο! Επί πλέον, αν ρίχναμε έναν απλό σπόρο σταριού πάνω σ' ένα άστρο νετρονίων θα δημιουργούσε τόση ενέργεια όση και η ατομική βόμβα που έπεσε στη Χιροσίμα.


Η πυκνότητα των υλικών του δημιουργεί επίσης πραγματικά αδιανόητες βαρυτικές δυνάμεις. Ένα μωρό 5 κιλών, για παράδειγμα, στην επιφάνεια ενός άστρου νετρονίων θα «ζυγίζε» 50 δισεκατομμύρια κιλά! Το ίδιο άηλωστε αυτό άστρο «ζυγίζει» 2.400 τρισεκατομμύρια τρισεκατομμυρίων τόνους, 400.000 δηλαδή φορές περισσότερο από τη Γη μας παρόλο που η διάμετρός του είναι 1.300 περίπου φορές μικρότερη. Αν μάλιστα η Γη μας είχε συμπιεστεί σε μια σφαίρα με την πυκνότητα που έχει ένα άστρο νετρονίων θα χωρούσε άνετα στο εσωτερικό του κλειστού Σταδίου «Ειρήνης και Φιλίας» στο Φάληρο.

Η ανακάλυψη λοιπόν του πάλης στο νεφέλωμα Καρκίνος το 1968, και οι πραγματικά εξωτικές του ιδιότητες, μας έφεραν αντιμέτωπους με μια πραγματικότητα που μέχρι τότε αντιμετωπίζαμε μόνο σαν ένα θεωρητικό παιχνίδι. Ένα θεωρητικό όμως παιχνίδι για το οποίο είχαν αρχίσει να συγκεντρώνονται στοιχεία από τη δεκαετία του 1930.

Αστρικοί Κανίβαλοι

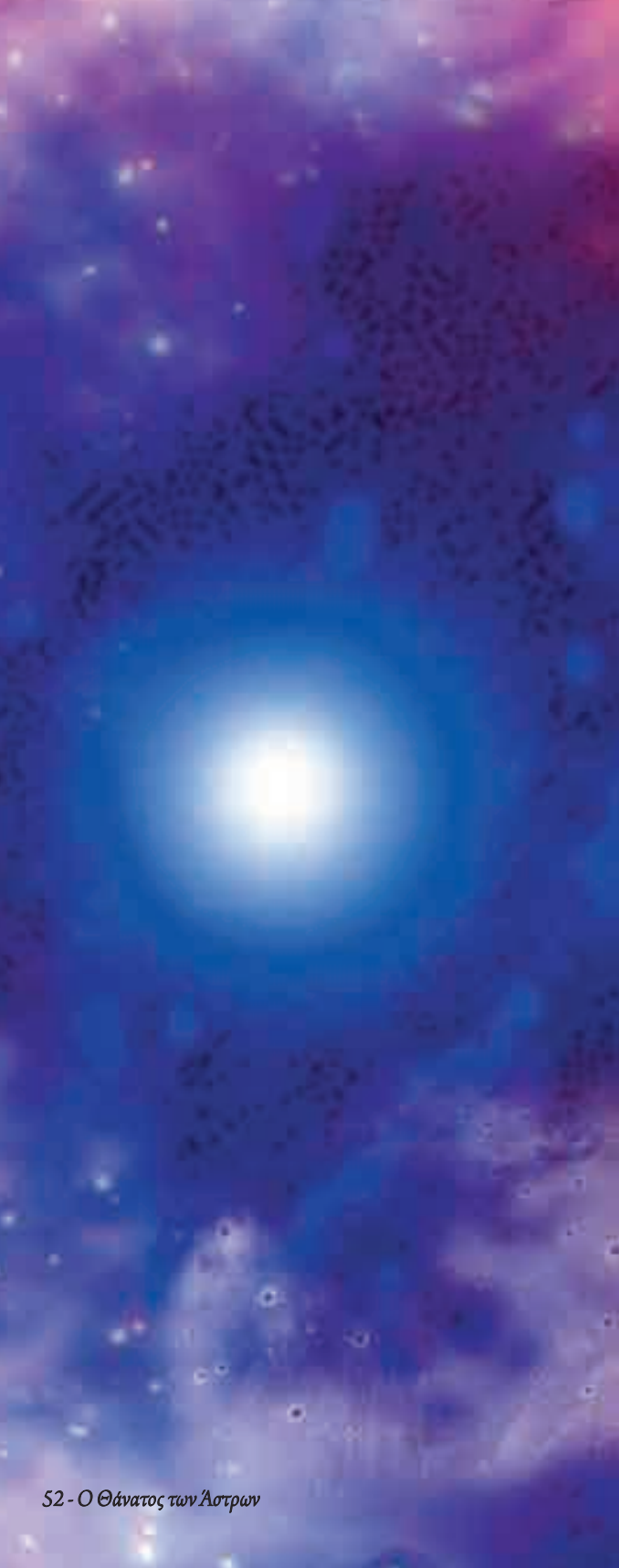
Από

τη δεκαετία ακόμη του 1930, ο αστρονόμος Fritz Zwicky (1898-1974) είχε παρατηρήσει, ότι ορισμένες εκρήξεις νόβα σε άλλους γαλαξίες ήταν δεκάδες χιλιάδες φορές πιο λαμπρές. Σ' αυτό άλλωστε οφείλεται και ο όρος σουπερνόβα. Παρατηρήθηκε μάλιστα ότι μια σουπερνόβα είναι πολύ πιο σπάνια, με συχνότητα μιας ή δυο τέτοιων εκρήξεων κάθε 100 χρόνια σε κάθε γαλαξία, παρόλο που σ' ολόκληρο το Σύμπαν, με τα τρισεκατομμύρια γαλαξίες, έχουμε μία έκρηξη σουπερνόβα κάθε δευτερόλεπτο. Οι παρατηρήσιμες όμως εκρήξεις κοντινών σουπερνόβα είναι πολύ πιο σπάνιες και συμβαίνουν, κατά μέσον όρο, μια μόνο φορά κάθε 300 χρόνια. Ο Zwicky αποφάσισε τότε να ξεκινήσει ένα πολύχρονο πρόγραμμα παρατηρήσεων ενός μεγάλου αριθμού γαλαξιών με την ελπίδα ότι μερικοί απ' αυτούς θα περιελάμβαναν εκρήξεις σουπερνόβα. Η μελέτη 3.000 γαλαξιών και η σύγκριση των φωτογραφιών τους που είχαν αποτυπωθεί με διαφορά μερικών εβδομάδων είχε επιτυχημένα αποτελέσματα. Έτσι σήμερα έχουν καταγραφεί εκατοντάδες εκρήξεις σουπερνόβα σε απόμακρους γαλαξίες. Με τη βοήθεια των παρατηρήσεων αυτών οι σύγχρονοι αστρονόμοι και αστροφυσικοί έχουν κατορθώσει να δημιουργήσουν ένα πλήρες θεωρητικό μοντέλο για τον τρόπο με τον οποίο ένα άστρο τελειώνει τη ζωή του με μια έκρηξη σουπερνόβα, τις διεργασίες και τα αποτελέσματα των εκρήξεων αυτών, καθώς επίσης και τα παράξενα αντικείμενα που αφήνουν πίσω τους.



Στο μεταξύ, το 1941, ο R. Minkowski εξετάζοντας τις διάφορες εκρήξεις που είχαν παρατηρηθεί μέχρι τότε τις διαχώρισε σε δύο κατηγορίες, τις Τύπου I και II. Τα τελευταία όμως χρόνια οι γενικές αυτές κατηγορίες χωρίστηκαν σε υποκατηγορίες, ανάλογα με την εμφάνιση που έχουν τα φάσματα των εκρηγνυόμενων άστρων όταν φτάσουν στη μέγιστη λαμπρότητά τους. Σε γενικές πάντως γραμμές οι Τύπου II αφορούν άστρα με υλικά πολλαπλάσια του Ήλιου τα οποία στο τέλος της ζωής τους δεν μπορούν να δημιουργήσουν αρκετή ενέργεια για να αντισταθούν στη βαρυτική κατάρρευση των εξωτερικών τους υλικών. Αντίθετα οι Τύπου I αφορούν άσπρους νάνους, σε διπλά ή πολλαπλά συστήματα άστρων, οι οποίοι απορροφούν αρκετά υλικά από κάποιον συνοδό τους με αποτέλεσμα να υπερβούν το όριο ισορροπίας των 1,4 ηλιακών μαζών.

Η όλη διαδικασία μετατροπής ενός άσπρου νάνου σε σουπερνόβα Τύπου I θυμίζει ένα είδος «κανιβαλισμού». Φανταστείτε δηλαδή δύο άστρα, σε κοντινή τροχιά, εκ των οποίων το ένα έχει μετατραπεί σε άσπρο νάνο. Με την πάροδο εκατομμυρίων χρόνων οι τροχιές τους θα μικραίνουν όλο και πιο πολύ φέρνοντάς τα πιο κοντά το ένα στο άλλο. Στο μεταξύ όμως ο συνοδός του άσπρου νάνου συνεχίζει να εξελίσσεται κανονικά και κάποτε θα φτάσει στο στάδιο να μετατραπεί σε κόκκινο γίγαντα. Τότε η βαρυτική δύναμη του άσπρου νάνου θα αρχίσει να έλκει τα εξωτερικά στρώματα του κόκκινου γίγαντα σχηματίζοντας γύρω από το νάνο ένα δαχτυλίδι υλικών που ονομάζεται δίσκος επικάλυψης. Σιγά-σιγά τα υλικά του δίσκου έλκονται από το νάνο και προστίθενται στη μάζα του.



Έτσι, στην περίπτωση των σουπερνόβα Τύπου I η μάζα του άστρου νάνου αυξάνει σιγά-σιγά και όταν ο πυρήνας του υπερβεί το όριο Chandrasekhar, 1,4 ηλιακές μάζες, η πίεση των ηλεκτρονίων του «εκφυλισμένου» αερίου που τον αποτελεί δεν έχει τη δύναμη να αντισταθεί άλλο στη συμπίεση της βαρύτητας. Τότε ο άσπρος νάνος καταρρέει απότομα, υπερθερμαίνοντας το εσωτερικό του στους 10 δισεκατομμύρια βαθμούς, με αποτέλεσμα την πρόκληση νέων πυρηνικών αντιδράσεων. Η πυρηνική «φωτιά» απελευθερώνει τεράστιες ποσότητες ενέργειας που κυριολεκτικά διαλύουν το άστρο με μια τρομερή έκρηξη. Το 50% περίπου της μάζας του άστρου νάνου μετατρέπεται σε νικέλιο και το άλλο μισό σε πυρίτιο, θείο και άλλα βαρύτερα χημικά στοιχεία, που διασκορπίζονται στο Διάστημα με ταχύτητα 10-20 χιλιάδες χιλιόμετρα το δευτερόλεπτο, εμπλουτίζοντας το διαστρικό χώρο με τα νεοσχηματισμένα χημικά στοιχεία. Φαίνεται, μάλιστα, ότι οι εκρήξεις αυτές δεν αφήνουν πίσω τους κάποιο «παράξενο» αντικείμενο όπως είναι ένα άστρο νετρονίων. Αντίθετα είναι πολύ πιθανό να εξαφανίζονται ακόμη και τον αρχικό άσπρο νάνο που τις δημιουργήσει.

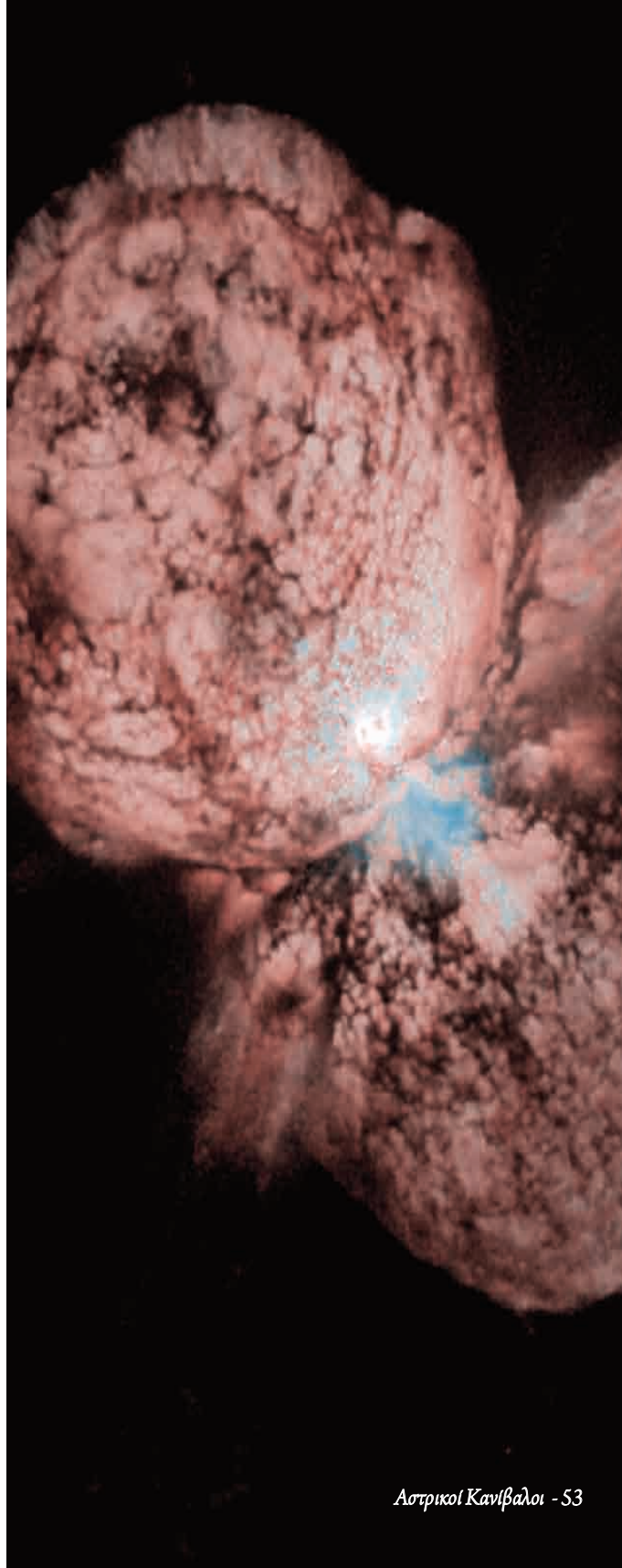
Εκτός από το βασικό αυτό σενάριο για την εξέλιξη και τη δημιουργία μιας σουπερνόβα Τύπου I υπάρχουν και ορισμένες άλλες συγκεκριμένες διαφορές από τις Τύπου II. Στα φάσματά τους, για παράδειγμα, οι Τύπου I εμφανίζουν την ύπαρξη πολλών βαρέων στοιχείων και ανυπαρξία του υδρογόνου, ενώ οι Τύπου II εμφανίζουν πρωτίστως την ύπαρξη υδρογόνου. Άλλες χαρακτηριστικές διαφορές μας δείχνουν ότι οι πρώτες είναι συνήθως πέντε φορές πιο λαμπερές από τις δεύτερες, και ενώ οι Τύπου I συμβαίνουν σε περιοχές όπου βρίσκονται πολύ ηλικιωμένα άστρα που φτάνουν σχεδόν την ηλικία του Σύμπαντος (13 δισεκατομμύρια χρόνια), οι Τύπου II συμβαίνουν σε περιοχές νέων, σχετικά, άστρων ηλικίας 10 περίπου εκατομμυρίων χρόνων.

Οι εκρήξεις Τύπου II συμβαίνουν στους εξωτερικούς σπειροειδείς βραχίονες των γαλαξιών όπου βρίσκονται τα βαρύτερα και λαμπρότερα άστρα, οι επονομαζόμενοι Γαλάζιοι Γίγαντες. Αυτά τα άστρα μπορεί να έχουν 10, 20, 30 ή και περισσότερες φορές τη μάζα του Ήλιου. Το βάρος των τεράστιων ποσοτήτων των εξωτερικών του στρωμάτων είναι τόσο μεγάλο ώστε ένας γαλάζιος γίγαντας χρειάζεται να παράγει στο εσωτερικό του τεράστιες ποσότητες ενέργειας για να

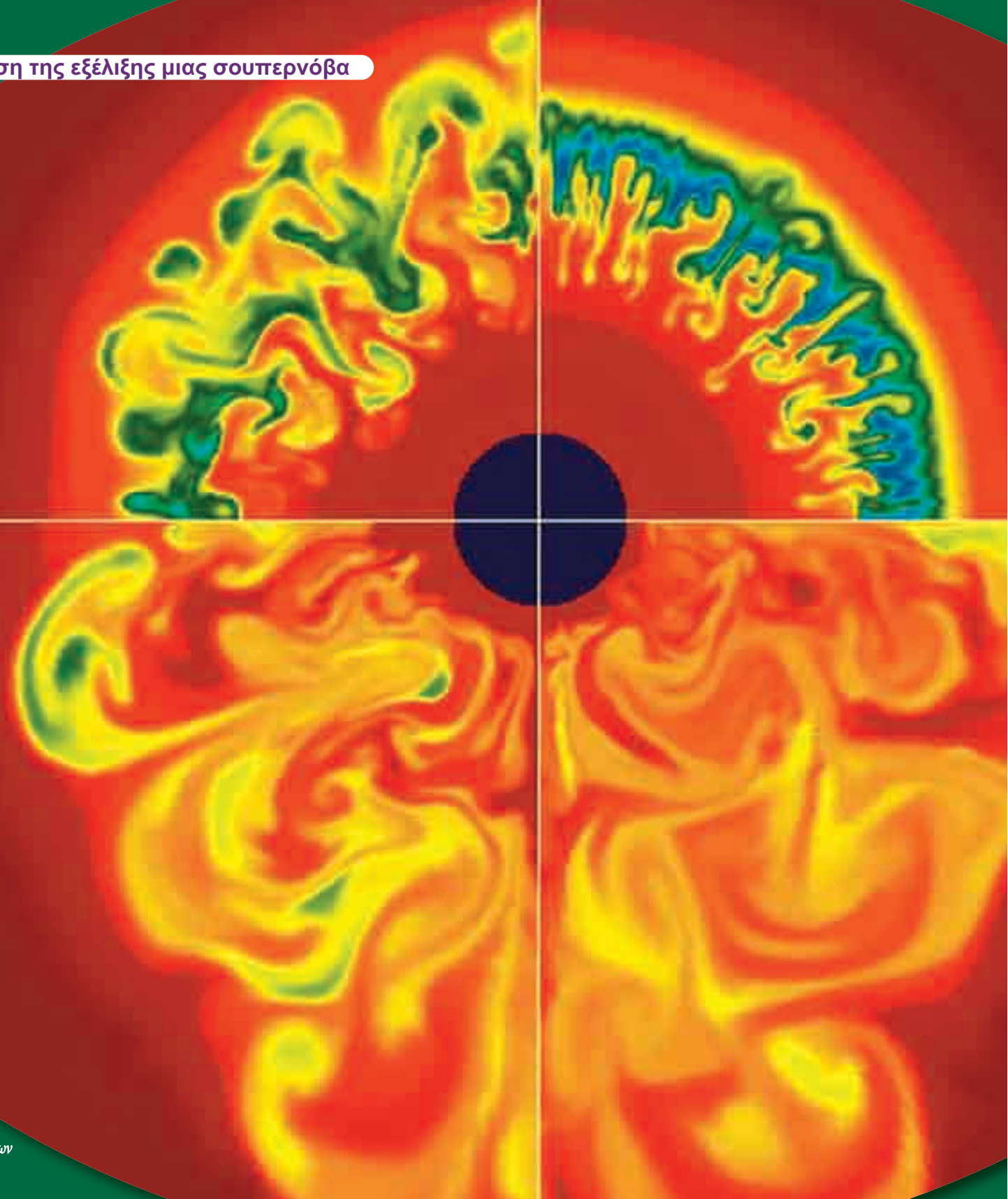
αντισταθμίζει την πίεση της βαρύτητας των υλικών του. Γι' αυτό ένα τέτοιο άστρο μετατρέπει όλο το απόθεμα του υδρογόνου στον πυρήνα του σε ήλιο μέσα σε μερικά εκατομμύρια χρόνια, με αποτέλεσμα ν' αρχίσει να «φουσκώνει» μετατρεπόμενο τελικά σε έναν κόκκινο υπεργίγαντα μέσα σε τρία εκατομμύρια χρόνια από τη γέννησή του.

Επειδή το γιγάντιο αυτό άστρο εξακολουθεί να χρειάζεται ενέργεια για να στηρίξει την τεράστια μάζα του, αρχίζει μια νέα σειρά πυρηνικών αντιδράσεων στο κέντρο του. Οι «στάχτες», τα «προϊόντα» δηλαδή μιας αντίδρασης γίνονται το «καύσιμο» μιας άλλης. Πρώτα το υδρογόνο μετατρέπεται σε ήλιο, το ήλιο σε άνθρακα και οξυγόνο, ο άνθρακας σε νέον και μαγνήσιο και μ' αυτόν τον τρόπο η κατάσταση αρχίζει να γίνεται δραματική. Η επιφάνεια του άστρου αρχίζει να πάλλεται ακανόνιστα, ενώ όλο και πιο νέες πυρηνικές αντιδράσεις δημιουργούν βαρύτερα χημικά στοιχεία για να ικανοποιήσουν τις ενεργειακές ανάγκες εξισορρόπησης του άστρου. Το άστρο δηλαδή σ' αυτή τη φάση μοιάζει μ' ένα κρεμμύδι, του οποίου ο πυρήνας περιβάλλεται από στρώματα διαφορετικών πυρηνικών καύσεων. Φυσικά η κατάσταση αυτή δεν μπορεί να συνεχιστεί για πάντα.

Σ' ένα άστρο με υλικά 25 ηλιακών μαζών, για παράδειγμα, τα αποθέματα του υδρογόνου στον πυρήνα του εξαντλούνται μέσα σε 3 εκατομμύρια χρόνια, και το καύσιμο ήλιο σε μερικές χιλιάδες χρόνια. Από εκεί κι έπειτα τα πάντα γίνονται σχεδόν αστραπιαία σε σύγκριση με την όλη διάρκεια της ζωής του. Ο άνθρακας εξαντλείται σε 200 χρόνια, το νέον σ' έναν χρόνο, ενώ μερικοί μόνο μήνες είναι αρκετοί για να «καεί» το οξυγόνο σχηματίζοντας πυρίτιο και θείο. Τελικά το πυρίτιο, μέσα σε μια μόνο ημέρα μεταστοιχειώνεται σε σίδηρο. Σ' αυτό το σημείο η ήρεμη ζωή του άστρου σταματάει και η διαδικασία της μετατροπής του σε σουπερνόβα αρχίζει.



Προσομοίωση της εξέλιξης μιας σουπερνόβα

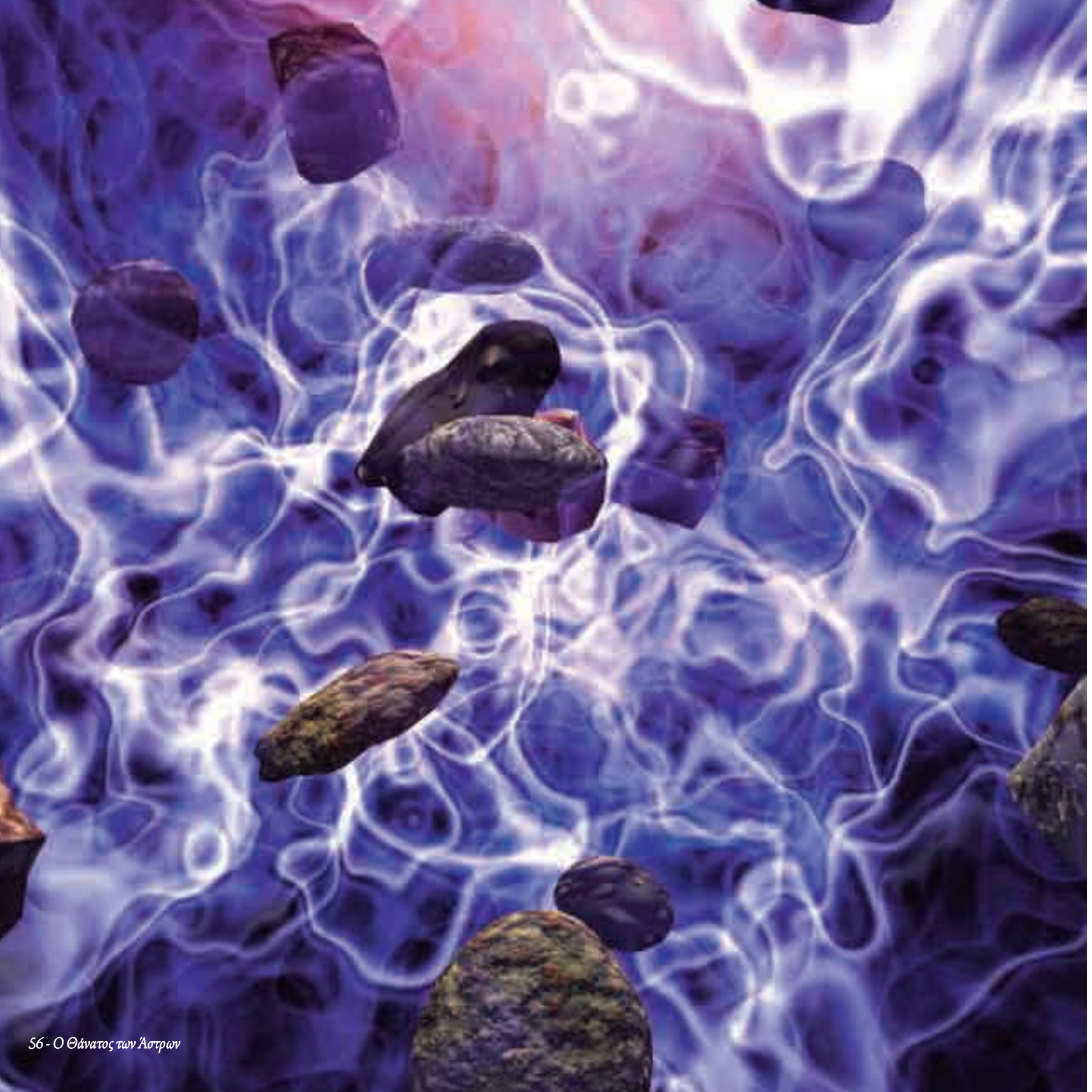



Ο Θάνατος Ενός Υπεργίγαντα

Όταν στον πυρήνα ενός άστρου η θερμοκρασία φτάσει τα τρία δισεκατομμύρια βαθμούς Κελσίου το πυρίτιο που έχει συγκεντρωθεί εκεί αρχίζει να μετατρέπεται σε σίδηρο κι έτσι μέσα σε μερικές ώρες η ποσότητα του σιδήρου στο κέντρο αρχίζει να μεγαλώνει. Όταν η σιδερένια καρδιά του υπεργίγαντα αρχίσει να συμπιέζεται από τη βαρύτητα των ανωτέρων στρωμάτων του, η θερμοκρασία του αυξάνει ακόμη πιο πολύ. Έτσι φτάνει κάποια στιγμή που η κεντρική θερμοκρασία είναι αρκετά υψηλή για να αρχίσει η καύση του σιδήρου. Κάτι τέτοιο όμως ανοίγει την πόρτα σε πραγματικά απόκοσμες καταστροφικές διαδικασίες.

Αυτό συμβαίνει γιατί ο σίδηρος διαθέτει τον πιο σταθερό ατομικό πυρήνα, πράγμα που σημαίνει ότι όταν το χημικό αυτό στοιχείο εμπλέκεται σε πυρηνικές αντιδράσεις διάσπασης ή σύντηξης όχι μόνο δεν παράγει ενέργεια αλλά αντίθετα την απορροφάει, γιατί η «φωτοαποσύνθεση» του σιδήρου είναι μια «ενδόθερμη» διαδικασία. Για να μετατραπεί δηλαδή ο σίδηρος σε βαρύτερα ή ελαφρότερα χημικά στοιχεία χρειάζεται ενέργεια, που σημαίνει ότι η ενέργεια αυτή δεν είναι διαθέσιμη για να συγκρατήσει το τεράστιο βάρος των ανωτέρων στρωμάτων του άστρου, με αποτέλεσμα την ακόμη μεγαλύτερη συμπίεση του σιδερένιου αστρικού πυρήνα και την ακόμη μεγαλύτερη αύξηση της θερμοκρασίας σ' αυτόν.

Έτσι όταν ο συγκεντρωμένος σίδηρος στην καρδιά του άστρου φτάσει το Όριο Chandrasekhar (1,4 ηλιακές μάζες) η συμπίεση είναι τόσο μεγάλη ώστε η θερμοκρασία στο σιδερένιο πυρήνα του άστρου ξεπερνάει τα 4 δισεκατομμύρια βαθμούς Κελσίου. Τα υψηλής ενέργειας φωτόνια που παράγονται διασπούν τον σίδηρο σε ελαφρότερα χημικά στοιχεία, με αποτέλεσμα την όλο και μεγαλύτερη απορρόφηση ενέργειας από την καρδιά του άστρου.





Από εδώ και πέρα στο επόμενο δευτερόλεπτο τα πάντα γίνονται με αστραπιαία ταχύτητα. Ο πυρήνας του άστρου διασπάται σε δύο τμήματα. Το εσωτερικό τμήμα του καταρρέει ανεμπόδιο προς το κέντρο με ταχύτητα που φτάνει τα 80.000 χιλιόμετρα το δευτερόλεπτο (πάνω από το 25% της ταχύτητας του φωτός).

Η κατάρρευση αυτή συμπιέζει τα υλικά του τόσο πολύ ώστε η διάμετρός του συρρικνώνεται από 6.000 σε 6 μόνο χιλιόμετρα. Φανταστείτε δηλαδή τη Γη ολόκληρη να συμπιέζεται ξαφνικά και σε χιλιοστά του δευτερολέπτου να παίρνει το μέγεθος της Αθήνας. Έτσι η ύλη του κεντρικού αστρικού πυρήνα διασπάται σε θετικά φορτισμένα πρωτόνια, σε αρνητικά φορτισμένα ηλεκτρόνια και σε νετρόνια χωρίς καμιά ηλεκτρική φόρτιση. Τα πράγματα όμως δεν σταματούν εδώ.

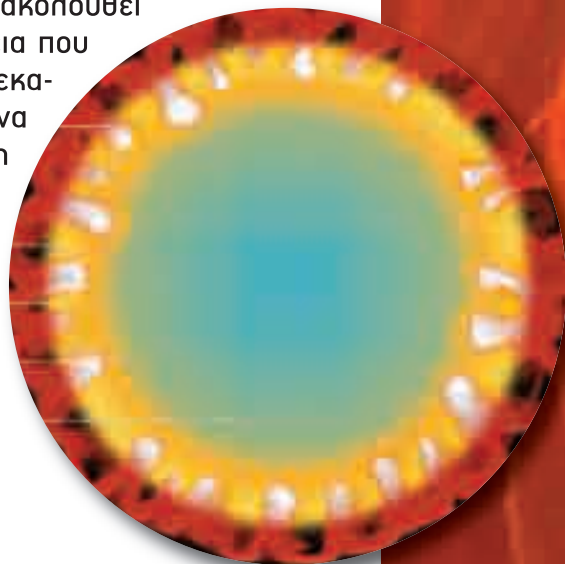
Επειδή η πίεση είναι τεράστια τα ηλεκτρόνια συγχωνεύονται με τα πρωτόνια δημιουργώντας νετρόνια και νετρίνα. Σε χιλιοστά του δευτερολέπτου η ύλη του πυρήνα αποτελείται από νετρόνια μόνο και τεράστιες ποσότητες νετρίνων, που λόγω της μεγάλης πυκνότητας της ύλης δεν μπορούν να δραπετεύσουν.

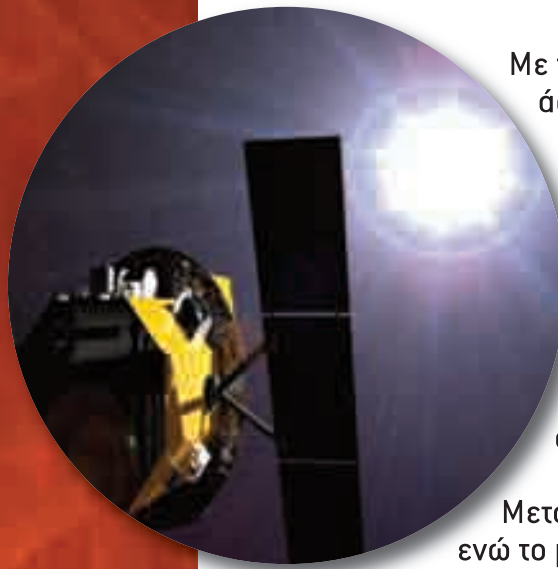
Σε δέκα χιλιοστά του δευτερολέπτου η πυκνότητα της αστρικής καρδιάς φτάνει να είναι τέσσερις φορές μεγαλύτερη από την πυκνότητα ενός ατομικού πυρήνα ενώ η θερμοκρασία έχει φτάσει τα 100 δισεκατομμύρια βαθμούς Κελσίου. Πυκνότητα δηλαδή τόσο μεγάλη που αναγκάζει όλα αυτά τα υλικά (νετρόνια και νετρίνα) να εξοστρακιστούν με δύναμη προς τα έξω, σχηματίζοντας μία σφαίρα 20 περίπου χιλιομέτρων, όπου η πυκνότητα των υλικών είναι παρόμοια με την πυκνότητα ενός ατομικού πυρήνα (200 περίπου εκατομμύρια τόνους ανά κυβικό εκατοστό).

Η εκτίναξη αυτή του εσωτερικού πυρήνα τον κάνει να συγκρουστεί βίαια με τον καταρρέοντα ακόμη εξωτερικό πυρήνα δημιουργώντας έτσι ένα κρουστικό κύμα με περισσότερη ενέργεια απ' αυτήν που εκλύει ένας ολόκληρος γαλαξίας σε δέκα περίπου χρόνια. Η δημιουργία του κρουστικού αυτού κύματος σηματοδοτεί τη γέννηση της σουπερνόβα. Κι έτσι, καθώς το κύμα αυτό μαζί με τα νετρίνα διαστέλλεται μέσα στον καταρρέοντα εξωτερικό αστρικό πυρήνα, επιτρέπει στα νετρίνα να διαφύγουν στο Διάστημα. Με την ταχύτητα του φωτός τα νετρίνα αυτά διαδίδουν πλέον στο Σύμπαν τα πρώτα μηνύματα του αστρικού θανάτου.

Ένα δευτερόλεπτο μετά την αρχή της δραματικής αυτής κατάρρευσης, το κρουστικό κύμα, με ταχύτητα που φτάνει τα 30.000 χιλιόμετρα το δευτερόλεπτο, σαν μια απόκοσμη τεράστια μπουλητόζα ξεκινάει προς τα εξωτερικά στρώματα του άστρου, που δεν έχει προφτάσει ακόμη να «συνειδητοποιήσει» το τι συμβαίνει στον πυρήνα του. Το κρουστικό αυτό κύμα παρασέρνει στο διάβα του και συντρίβει τα αστρούιλικά που συναντάει. Η σύγκρουση αυτή παράγει αρκετές ποσότητες όλων των βαρέων χημικών στοιχείων όπως το ασβέστιο, ο μόλυβδος και το ουράνιο. Ο αστρικός πυρήνας εκπέμπει πλέον τεράστιες ποσότητες νετρίνων τα οποία με την αναχώρησή τους μεταφέρουν πολύ μεγάλες ποσότητες ενέργειας από την καρδιά του άστρου.

Το κρουστικό κύμα διασχίζει το άστρο μέσα σε μερικές ώρες και η τεράστια έκρηξη που επακολουθεί παράγει ενέργεια ίση με την ενέργεια που θα παρήγαγε ο Ήλιος σε δέκα τρισεκατομμύρια χρόνια, αν μπορούσε να ζήσει τόσο πολύ. Και όλη αυτή η ενέργεια εκλύεται σε μερικά μόνο δευτερόλεπτα. Τέτοιου είδους εκρήξεις μπορούν να συγκριθούν μόνο με τη «Μεγάλη Έκρηξη», που δημιούργησε το Σύμπαν στο οποίο ζούμε, πριν από 14 περίπου δισεκατομμύρια χρόνια.





Με την κυριολεκτική αυτή διάλυση του άστρου η πρώτη φωτεινή του αναλαμπή ανακοινώνεται στο Σύμπαν. Η αναλαμπή αυτή αποτελείται κυρίως από υπεριώδη ακτινοβολία που είναι αόρατη στα ανθρώπινα μάτια. Μια ώρα όμως αργότερα τα εκτοξευόμενα υλικά έχουν χάσει αρκετή από την ταχύτητά τους και η ακτινοβολία που αρχίζει να γίνεται ορατή.

Μετά από μια έκρηξη σουπερνόβα, και ενώ το μεγαλύτερο μέρος του άστρου καταστρέφεται εκτοξευόμενο στο Διάστημα, ο πυρήνας του παραμένει στη θέση του ανέπαφος μεν αλλά σε φοβερά ασταθή κατάσταση. Αν η μάζα του πυρήνα δεν ξεπερνάει τις 3 περίπου ηλιακές μάζες τότε οποιαδήποτε περαιτέρω συμπίεσή του σταματάει. Αυτό που απομένει όταν η κατάρρευση και ο εξοστρακισμός σταματήσει, είναι ένας γιγάντιος ατομικός πυρήνας νετρονίων, με διάμετρο 20 περίπου χιλιομέτρων, που περιστρέφεται γύρω από τον εαυτό του εκατοντάδες φορές κάθε δευτερόλεπτο. Είναι ένα άστρο νετρονίων, γνωστότερο με την ονομασία πάλσαρ, γιατί εξαιτίας της γρήγορης περιστροφής του εκπέμπει περιοδικά ραδιοκύματα που δημιουργούνται από επιταχυνόμενα ηλεκτρόνια στο στροβιλιζόμενο μαγνητικό του πεδίο. Όλα τα υπόλοιπα υλικά του άστρου εκτοξεύονται στο Διάστημα εμπλουτίζοντας το Σύμπαν με όλα τα χημικά στοιχεία της φύσης. Χωρίς τις εκρήξεις των σουπερνόβα δηλαδή δεν θα υπήρχαν πλανήτες και δορυφόροι. Χωρίς τις σουπερνόβα δεν θα υπήρχε η Γη, δεν θα υπήρχαν βράχια και βότσαλα, δεν θα υπήρχαν φυτά και ζώα. Χωρίς τις εκρήξεις των σουπερνόβα, δεν θα υπήρχε ο άνθρωπος.

«Λείψανα Άστρων με Μορφές Αραχ

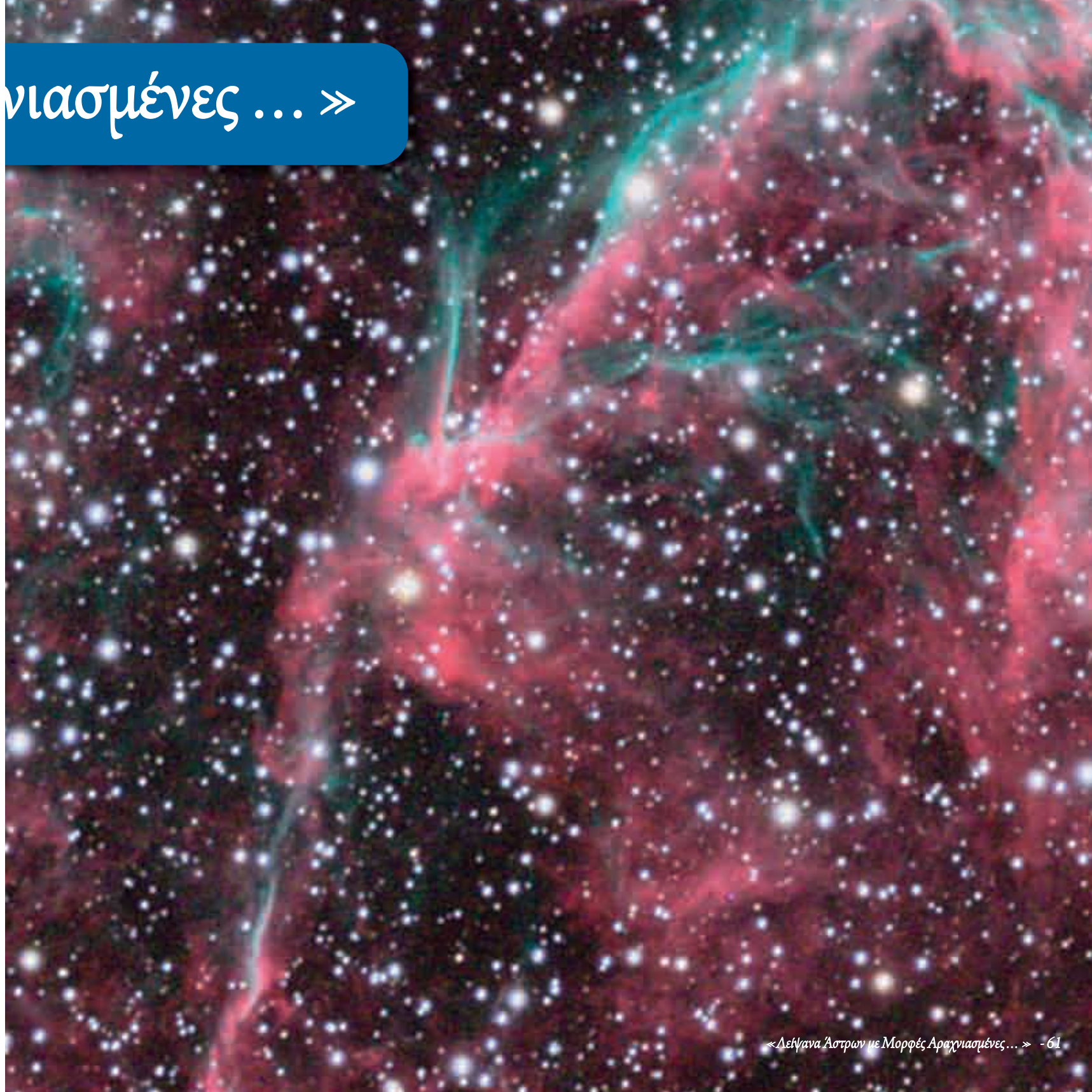
Η έκρηξη μιας σουπερνόβα είναι ταυτόχρονα ένα τέλος και μια αρχή. Το εκρηκτικό τέλος της ζωής ενός άστρου απελευθερώνει όλα τα χημικά στοιχεία που είχαν δημιουργηθεί στην καρδιά του κατά τη διάρκεια της σύντομης σχετικά ζωής του, καθώς και πολλή άλλα που γεννήθηκαν τη στιγμή της έκρηξης. Η «σούπα» αυτή των χημικών στοιχείων εμπλουτίζει τα διάσπαρτα νεφελώματα αερίων και διαστημικής σκόνης από τα οποία θα γεννηθούν τα άστρα και οι πλανήτες των επομένων γενεών.

Μετά από κάθε έκρηξη σουπερνόβα τα αέρια που περιλαμβάνουν τα νέα χημικά στοιχεία δημιουργούν παράξενους νεφελώδεις σχηματισμούς που επί αιώνες διαστέλλονται στο Διάστημα με τεράστιες ταχύτητες. Τα νεφελώματα αυτά υπερθερμαίνονται από τις τεράστιες ακτινοβολίες υψηλής ενέργειας που εκπέμπουν οι παλλόμενες ραδιοπηγές, οι οποίες έχουν απομείνει στο κέντρο τους, φωτίζοντας έτσι τα λείψανα αυτά των άστρων με τις αραχνιασμένες μορφές.


Η σουπερνόβα που παρατήρησε ο Τύχων Μπραχ στις 11 Μαρτίου 1572 στον αστερισμό της Κασσιόπης έχει αφήσει πίσω της μια σφαιρική μάζα αερίων που ακόμη και σήμερα εκπέμπει ραδιοακτινοβολίες, καθώς τα διαστέλλόμενα αερίά της συγκρούονται με τα μεσοαστρικά αέρια της περιοχής. Η απόστασή τους από τη Γη υπολογίζεται ότι είναι 10.000 έτη φωτός, που σημαίνει ότι τη στιγμή της έκρηξής της εξέπεμψε φωτεινότητα 300 εκατομμυρίων ηλίων. Η σημερινή διάμετρος του νεφελώματος φτάνει τα 20 έτη φωτός και συνεχίζει να μεγαλώνει καθώς τα αέρια διαστέλλονται με ταχύτητα που φτάνει τα 10.000 χιλιόμετρα το δευτερόλεπτο.



Αραχνοειδείς ... »







Στον αστερισμό της Κασσιόπης ανακαλύφθηκαν πριν από μισό αιώνα τα υπολειμματα και μιας άλλης σουπερνόβα γνωστής με το όνομα CASA. Τα αέρια της διαστέλλονται σήμερα με μια ταχύτητα 6.000 χιλιομέτρων το δευτερόλεπτο σε απόσταση 11.000 ετών φωτός. Οι σημερινές μας μελέτες υπολογίζουν ότι η έκρηξη πρέπει να έγινε το 1680, κανείς όμως δεν φαίνεται να την παρατήρησε εκείνη την εποχή, παρόλο που τότε θα πρέπει να είχε φτάσει σε φωτεινότητα το άστρο Σείριος, που είναι το λαμπρότερο άστρο στον ουρανό. Η πρώτη παρατήρηση των υπολειμμάτων αυτών έγινε το 1948.

Πριν από 12 αιώνες ένα αμυδρό άστρο στον αστερισμό των Ιστίων έλαμψε 100 εκατομμύριο φορές περισσότερο από πριν και ανταγωνίστηκε σε φωτεινότητα ακόμη και την Πανσέληνο. Τα σημερινά υπολείμματα της λαμπερής εκείνης έκρηξης, συγκρουόμενα με τα διαστρικά αέρια, τα ερεθίζουν και τα κάνουν να λαμπυρίζουν. Το άστρο νετρονίων που άφησε πίσω της η σουπερνόβα είναι ένα από τα αμυδρότερα άστρα που έχουμε μελετήσει: ένας πάλλσαρ με διάμετρο μερικών χιλιομέτρων, που περιστρέφεται 11 φορές κάθε δευτερόλεπτο, εκπέμποντας συγχρόνως τεράστιες ποσότητες ακτίνων Χ.

Στον αστερισμό του Κύκνου, στο μέσο μιας πλούσιας περιοχής άστρων, βρίσκονται τα υπολείμματα του νεφελώματος αερίων που μοιάζουν με δαντελωτό δίχτυ. Σε απόσταση 1.500 ετών φωτός. Καθώς η διαστολή του συνεχίζεται ακόμη και σήμερα με ταχύτητα 45 km/sec, παρασέρνει στο διάβα του τα διαστρικά αέρια, σχηματίζοντας συγκεντρώσεις που εκπέμπουν υπέρυθη ακτινοβολία. Τρία διαφορετικά κομμάτια του όλου συστήματος μας δείχνουν θαυμαστές λεπτομέρειες των υπολειμμάτων που άφησε η έκρηξη πριν από 10.000 χρόνια.

Στις 30 Απριλίου 1006 παρατηρήθηκε η λαμπρότερη έκρηξη σουπερνόβα που έχει εμφανιστεί στα ιστορικά χρόνια στον ουρανό της Γης μας. Τη σουπερνόβα αυτή, στο νότιο αστερισμό του Λύκου (Lupus), κατέγραψαν Ευρωπαίοι, Άραβες, Γιαπωνέζοι και Κινέζοι παρατηρητές. Είχε τρεις φορές μεγαλύτερη λαμπρότητα και από την Αφροδίτη ακόμη, και το φως της έριχνε σκιές τη νύχτα. Ο χρονικογράφος ενός μοναστηριού στις Ελβετικές Άλπεις ανέφερε ότι ήταν ορατή επί τρεις μήνες, ενώ άλλες περιγραφές επισημαίνουν ιδιαίτερα το κιτρινωπό της χρώμα. Μόλις όμως το 1964 έγινε «ορατή» η ραδιοακτινοβολία των υπολειμμάτων της τρομερής έκρηξης, ενώ ακόμη αργότερα, το 1976, παρατηρήθηκαν για πρώτη φορά ορισμένα ακνά στοιχεία της στο ορατό τμήμα του φάσματος.

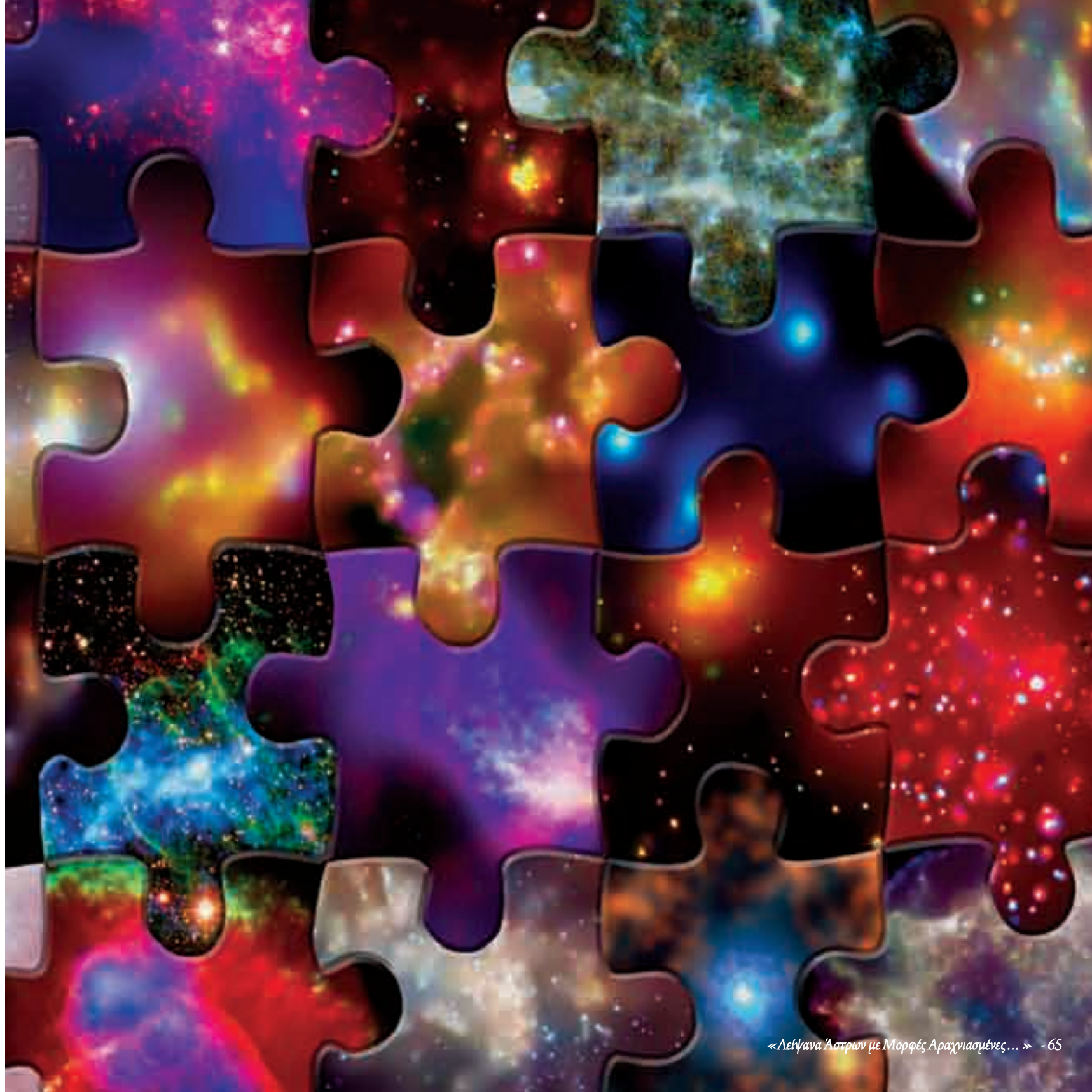
Πριν από 169.000 χρόνια, ο πυρήνας ενός γιγάντιου άστρου σ' έναν γειτονικό μας γαλαξία κατέρρευσε απότομα, με αποτέλεσμα να προκληθεί μια κολλοσιαία έκρηξη που κυριολεκτικά διέλυσε ολόκληρο το άστρο. Τα εξωτερικά του αέρια στρώματα εκτινάχτηκαν στο γύρω Διάστημα με την ενέργεια που εκπέμπει ένας ολόκληρος γαλαξίας. Η λάμψη της ενέργειας από το κατεστραμμένο άστρο ξεκίνησε με την ταχύτητα του φωτός προς όλες τις κατευθύνσεις.

Στις 24 Φεβρουαρίου του 1987 οι σύγχρονοι απόγονοι των αρχαίων παρατηρητών του ουρανού, επιθεωρούσαν προσεκτικά, όπως κάθε βράδυ, το ουράνιο στερέωμα, ελπίζοντας να εξιχνιάσουν μερικά από τα μυστήρια που διαδραματίζονται εκεί πάνω. Στο νότιο ημισφαίριο της Γης μας, ψηλά στην κορυφή ενός βουνού της Χιλής, στο αστροσκοπείο Las Campanas, που λειτουργεί το Πανεπιστήμιο του Τορόντο, ο μεταπτυχιακός βοηθός Αστρονόμος Ίαν Σέλτον, δούλησε μ' ένα μικρό και παραμελημένο τηλεσκόπιο που είχε επισκευάσει μόνος του.

Στη μία το πρωί ο Σέλτον έστρεψε το μικρό του τηλεσκόπιο σκοπεύοντας το Μεγάλο Νέφος του Μαγγελάνου. Την ίδια στιγμή, ύστερα από ταξίδι 169.000 χρόνων, μια ελάχιστη ποσότητα της φωτεινής ενέργειας από την έκρηξη που προκάλεσε τον αστρικό εκείνο θάνατο, καταγράφηκε πάνω στο φωτογραφικό φιλμ του τηλεσκοπίου του Σέλτον. Δεκαετίες ολόκληρες οι αστρονόμοι περίμεναν την ευκαιρία να στρέψουν τα τηλεσκόπια και τα άλλα υπερούχρονα όργανά τους πάνω σε μια κοντινή σουπερνόβα. Να λοιπόν που επί τέλους, η υπομονή τους είχε ανταμειφθεί.

Και τι ανταμοιβή! Η ανακάλυψη του Σέλτον, που ονομάστηκε SN1987-A, είναι η πλησιέστερη και πιο λαμπερή σουπερνόβα που παρουσιάστηκε τα τελευταία 400 σχεδόν χρόνια. Είναι η πρώτη ευκαιρία που είχαμε για να μελετήσουμε με λεπτομέρεια μια σουπερνόβα. Τώρα πια μπορούμε να συγκρίνουμε άμεσα με την πραγματικότητα, τις θεωρίες που είχαμε για το τι συμβαίνει στο εσωτερικό μιας τέτοιας κατακλισμαίας έκρηξης. Μπορούμε επίσης να παρακολουθήσουμε και τον τρόπο που η έκρηξη μεταλλάσσει τις αέριες πρώτες ύλες του εκρηγνυόμενου άστρου, ενώ για πρώτη φορά μπορέσαμε, επί τέλους, να εντοπίσουμε επακριβώς ποιο ήταν το άστρο που μετατράπηκε σε σουπερνόβα.







Ο Ήλιος
(κύρια ακολουθία)

**Τροχιά
Γης**

**Τροχιά
Δία**

5.2028 A.M.*

*Αστρική Μονάδα: η μέση απόσταση από τον Ήλιο

Ο Ήλιος
(στο στάδιο του

**Γαλάξιος -
υπεργίγαντ**

θία)

Η Σουπερνόβα 1987Α

Στο Μεγάλο Νέφος του Μαγγελάνου βρίσκεται το μεγαλύτερο φωτεινό νεφέλωμα που έχουμε παρατηρήσει σ' οποιοδήποτε άλλον γαλαξία του Σύμπαντος. Λόγω του σχήματός του ονομάζεται Νεφέλωμα Ταραντούλα, γιατί με λίγη φαντασία μοιάζει αρκετά με το είδος της αράχνης της οποίας φέρει το όνομα. Σε τέτοιου είδους νεφελώματα γεννιούνται τ' άστρα. Χιλιάδες άστρα έχουν ήδη γεννηθεί κάτω από τις τεράστιες βαρυτικές πιέσεις και θερμοκρασίες που επικρατούν σ' ορισμένες περιοχές του. Εκτός όμως από το Νεφέλωμα Ταραντούλα και εκατοντάδες άλλα μικρότερα νεφελώματα, το Μεγάλο Νέφος του Μαγγελάνου περιλαμβάνει και 6.500 περίπου σμήνη άστρων μεταξύ των οποίων και αρκετά σφαιρωτά, που αποτελούνται από δεκάδες χιλιάδες μέχρι ένα εκατομμύριο άστρα το καθένα.

Ο γειτονικός μας αυτός γαλαξίας μας χάρισε πρόσφατα, το Φεβρουάριο του 1987, ένα από τα θεαματικότερα φαινόμενα του ουρανού. Τη λαμπρότερη και πλησιέστερη στη Γης μας έκρηξη σουπερνόβα των τελευταίων 400 περίπου ετών. Η απόστασή της των 169.000 ετών φωτός (ή 1,6 δισεκατομμύρια δισεκατομμυρίων χιλιάδες χιλιόμετρα) είναι για την αστρονομία απλώς μια δρασκειλιά. Έτσι με τη βοήθεια του σύγχρονου επιστημονικού οπλοστάσιου που διαθέτουν τα αστεροσκοπεία, τα ερευνητικά κέντρα και οι δορυφόροι μας κατορθώσαμε να μελετήσουμε επισταμένα ένα φαινόμενο που συμβαίνει τόσο κοντά μας 3 με 4 φορές κάθε χίλια χρόνια.

Ο προγενήτορας της σουπερνόβα SN1987-A φαινόταν σαν ένα σχετικά αμυδρό άστρο 12ου μεγέθους στο Μεγάλο Νέφος του Μαγγελάνου, με την ονομασία Sanduleak - 690202, είχε όμως καταγραφεί ακόμη και στην πρώτη τηλεσκοπική φωτογραφία της περιοχής που είχαν αποτυπώσει οι αστρονόμοι στα τέλη του περασμένου αιώνα. Ήταν 100.000 φορές πιο λαμπρό από τον Ήλιο και στα 100 τελευταία χρόνια δεν είχε παρουσιάσει καμιά εμφανή διακύμανση της φωτεινότητάς του.

πόσταση Ήλιου - Γης

ου κόκκινου γίγαντα)

Λευκός
τας

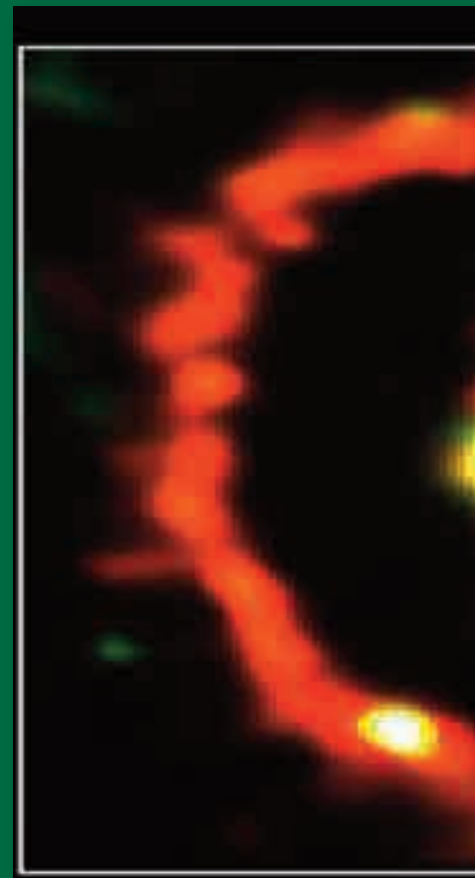
Στη δεκαετία του 1960, ο Nicholas Sanduleak, του Αστεροσκοπείου του Κλίβελαντ περιέλαβε το φάσμα του άστρου αυτού σ' έναν κατάλογο, εξ ου και τ' όνομά του, που σημαίνει ότι ήταν το 202ο άστρο του καταλόγου, 69 μοίρες νότια του ουράνιου ισημερινού. Με θερμοκρασία 20.000 βαθμών Κελσίου στην επιφάνειά του είχε μια γαλαζωπή εμφάνιση, ενώ σε σύγκριση με αυτό ο Ήλιος, με θερμοκρασία 6.000 βαθμών Κελσίου, έχει ένα κιτρινωπό χρώμα. Επιπλέον το άστρο αυτό, με διάμετρο 50 φορές μεγαλύτερη από τη διάμετρο του Ήλιου, ήταν 65.000 φορές πιο ογκώδες.

Υπολογίζεται ότι πρέπει να γεννήθηκε, με μάζα 25 φορές τη μάζα του Ήλιου, πριν από 20 περίπου εκατομμύρια χρόνια, την εποχή που πάνω στη Γη εμφανίστηκαν οι δρυοπίθηκοι που θεωρούνται ως πιθανοί πρόγονοι του σύγχρονου ανθρώπου. Η μετατροπή του υδρογόνου σε ήλιο, στο κεντρικό θερμοπυρηνικό του εργαστήριο, το κράτησε σε ισορροπία επί 19 συνεχή εκατομμύρια χρόνια. Λόγω της μεγάλης του μάζας, το υδρογόνο καταναλωνόταν με πολύ γρήγορο ρυθμό. Έτσι πριν από ένα εκατομμύριο χρόνια το υδρογόνο του πυρήνα του είχε μετατραπεί όλο σε ήλιο. Τότε, λοιπόν, άρχισε και ο δρόμος που το οδήγησε στο θάνατο.

Ο πυρήνας του ηλίου συρρικνώθηκε, η κεντρική θερμοκρασία αυξήθηκε στα 50 εκατομμύρια βαθμούς και το ήλιο άρχισε να μεταστοιχειώνεται σε άνθρακα. Συγχρόνως άρχισε να μεγαλώνει και ο όγκος του μέχρις ότου μετατράπηκε σε έναν τεράστιο κόκκινο υπεργίγαντα με διάμετρο αρκετές εκατοντάδες φορές μεγαλύτερη από τη διάμετρο του Ήλιου μας. Η βαρύτητα όμως στα εξωτερικά του στρώματα δεν ήταν ικανή να τα συγκρατήσει. Έτσι πριν από 600.000 χρόνια τα εξωτερικά αυτά στρώματα του κόκκινου υπεργίγαντα άρχισαν να αποχωρίζονται σιγά-σιγά από το άστρο. Με τη μορφή σωματιδίων ενός ελαφρού «αστρικού ανέμου», παρόμοιου με το δικό μας «ηλιακό άνεμο», μεγάλες ποσότητες υλικών διέφυγαν στο Διάστημα με ταχύτητα 10 χιλιομέτρων το δευτερόλεπτο.

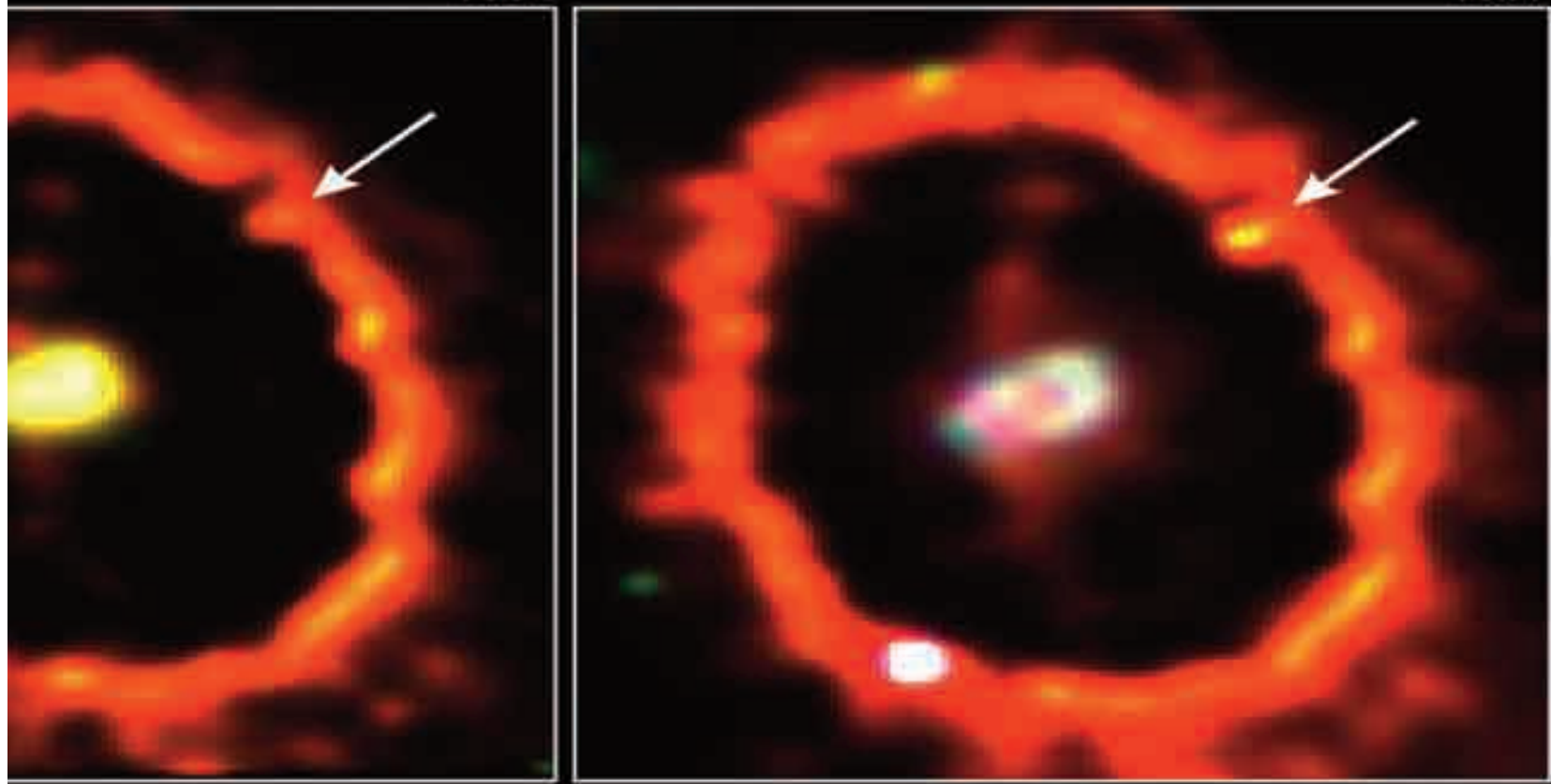
Η διαρροή των υλικών αυτών συνεχίστηκε με τον ίδιο ρυθμό επί χιλιάδες χρόνια αναγκάζοντας το άστρο να επιταχύνει την περιστροφή του. Η γρήγορη αυτή περιστροφή οδηγούσε με τη σειρά της τα διαφεύγοντα αέρια να πάρουν μια δισκοειδή μορφή, ώσπου τελικά, λόγω της αυξανόμενης φυγόκεντρης δύναμης, σχηματίστηκε ένας διαρκώς διαστελλόμενος δίσκος στη θέση του αρχικού κελύφους υλικών. Έτσι πριν από 5.000 χρόνια, ο «αστρικός άνεμος» των υλικών του είχε αυξήσει την ταχύτητά του στα 600 χιλιόμετρα το δευτερόλεπτο.

Τα υλικά της δεύτερης αυτής, και ταχύτερης, διαρροής πρόφτασαν τα προηγούμενα αργοκίνητα υλικά και τα συμπέσαν σχηματίζοντας έναν δακτύλιο αερίων που συνεχώς διαστελλόταν. Μ' αυτόν τον τρόπο το άστρο έχασε το 20% της μάζας του και από κόκκινος υπεργίγαντας έλαμψε σαν γαλάζιος υπεργίγαντας με 20 φορές τη μάζα και 65.000 φορές τον όγκο του Ήλιου.



1994

1997

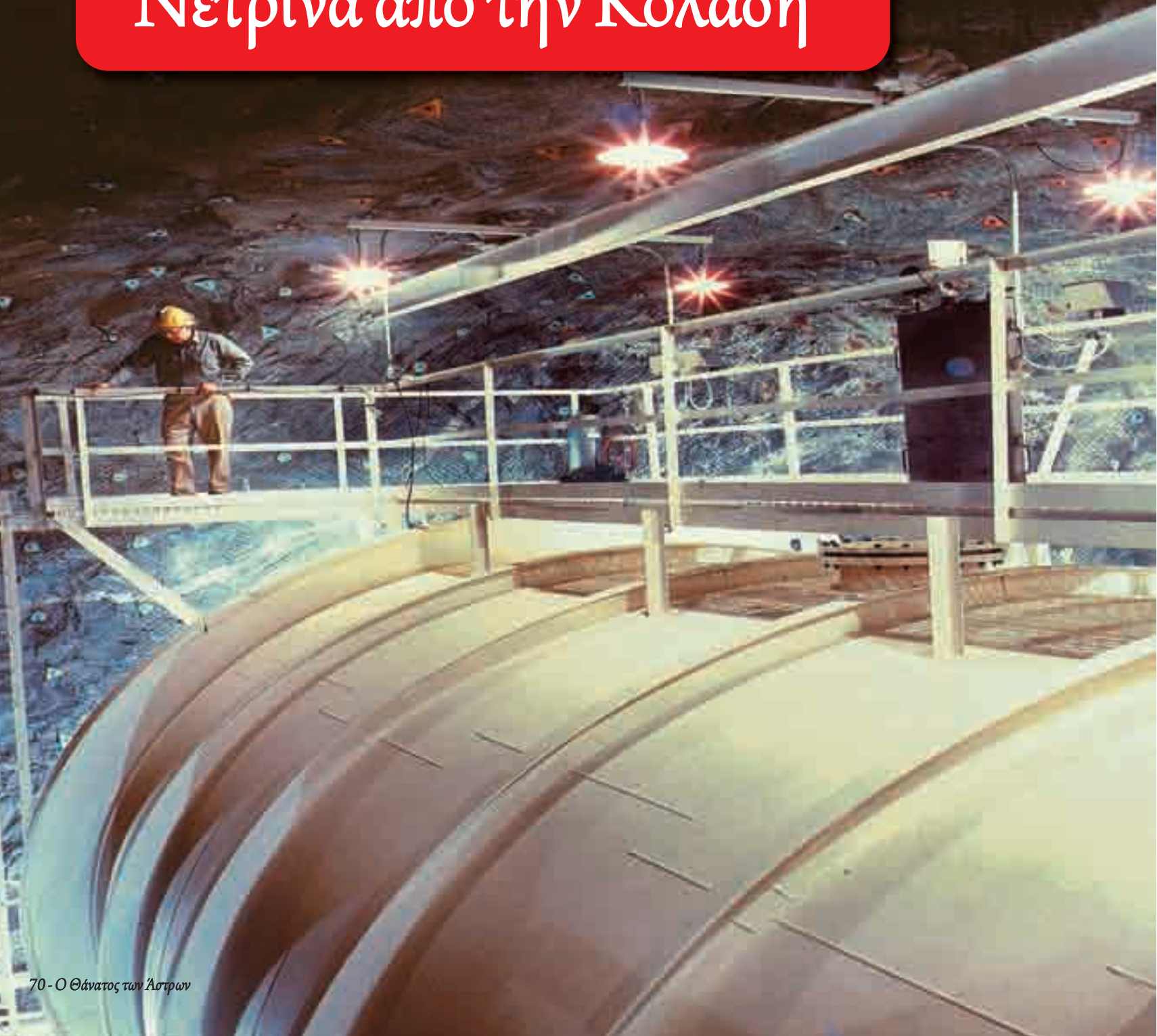


Λαμπερό σημείο στο δακτύλιο της σουπερνόβα 1987A

Πριν από 1.000 περίπου χρόνια η εσωτερική του θερμοκρασία έφτασε τα 800 εκατομμύρια βαθμούς και ο κεντρικός πυρήνας του άνθρακα που είχε συσσωρευτεί άρχισε να μετατρέπεται σε νέον και νάτριο, οπότε τα πράγματα άρχισαν να δυσκολεύουν όλο και πιο πολύ. Έτσι στις αρχές του 1985, χωρίς καμιά εξωτερική προειδοποίηση, όταν η θερμοκρασία στον πυρήνα του έφτασε το 1,5 δισεκατομμύριο βαθμούς Κελσίου, άρχισε η «καύση» του νέον σε οξυγόνο και μαγνήσιο.

Το καλοκαίρι του 1986 άρχισε η καύση του οξυγόνου με τη μετατροπή του σε πυρίτιο και θείο. Η θερμοκρασία του πυρήνα είχε φτάσει τότε τα δύο δισεκατομμύρια βαθμούς. Η καύση αυτή κράτησε έξι περίπου μήνες, οπότε στις 21 Φεβρουαρίου 1987 η κεντρική του θερμοκρασία έφτασε τα 4 δισεκατομμύρια βαθμούς και το πυρίτιο άρχισε να μετατρέπεται σε σίδηρο. Σε λιγότερο από δύο ημέρες το άστρο είχε αποκτήσει μια, κυριολεκτικά, σιδερένια καρδιά με 1,5 φορά τη μάζα του Ήλιου μας, ενώ γύρω της συνεχίζονταν σε στρώματα οι καύσεις του πυριτίου, του οξυγόνου, του νέον, του άνθρακα και του ηλίου με συνολική μάζα έξι φορές τη μάζα του Ήλιου. Το 85% της μάζας του άστρου παρέμενε φυσικά στα εξωτερικά του στρώματα με τη μορφή του υδρογόνου. Το πραγματικό όμως δράμα του άστρου, κρυμμένο από οποιαδήποτε αδιάκριτα μάτια, παιζόταν στον πυρήνα του. Έτσι η πρώτη ένδειξη της δημιουργίας της SN1987-A πέρασε, προς στιγμή τουλάχιστον, απαρατήρητη στη Γη μας.

Νετρίνα από την Κόλαση





Στις 9:35':41" ώρα Ελλάδας της 23ης Φεβρουαρίου 1987 ο σιδερένιος πυρήνας του Sanduleak -69 0 202 κατέρρευσε απότομα. Η τρομαχτική συμπίεση των υλικών του τα μετέτρεψε σε νετρόνια, και σε θερμοκρασία που έφτανε τα 50 δισεκατομμύρια βαθμούς, δημιουργήθηκαν 1058 νετρίνα που προς στιγμή βρέθηκαν φυλακισμένα στην υπέρπυκνη και υπέρθερμη κόλλαση του αστρικού πυρήνα.

Τη στιγμή εκείνη, 41 εκατοστά του δευτερολέπτου μετά την έναρξη της κατάρρευσης του πυρήνα, η πυκνότητα του κέντρου είχε φτάσει το ένα δισεκατομμύριο τόνους ανά κυβικό εκατοστόμετρο. Τα φυλακισμένα νετρίνα μαζί με τα υπόλοιπα υλικά δεν άντεξαν άλλη συμπίεση και εξοστρακίστηκαν προς τα έξω. Όλη δηλαδή η κινητική ενέργεια που δημιουργήθηκε από την κατάρρευση του εσωτερικού τμήματος του πυρήνα μετετράπη σ' ένα τεράστιο «κρουστικό κύμα» το οποίο σαν μια κοσμική μπουλντόζα ξεκίνησε προς τα εξωτερικά στρώματα του άστρου.

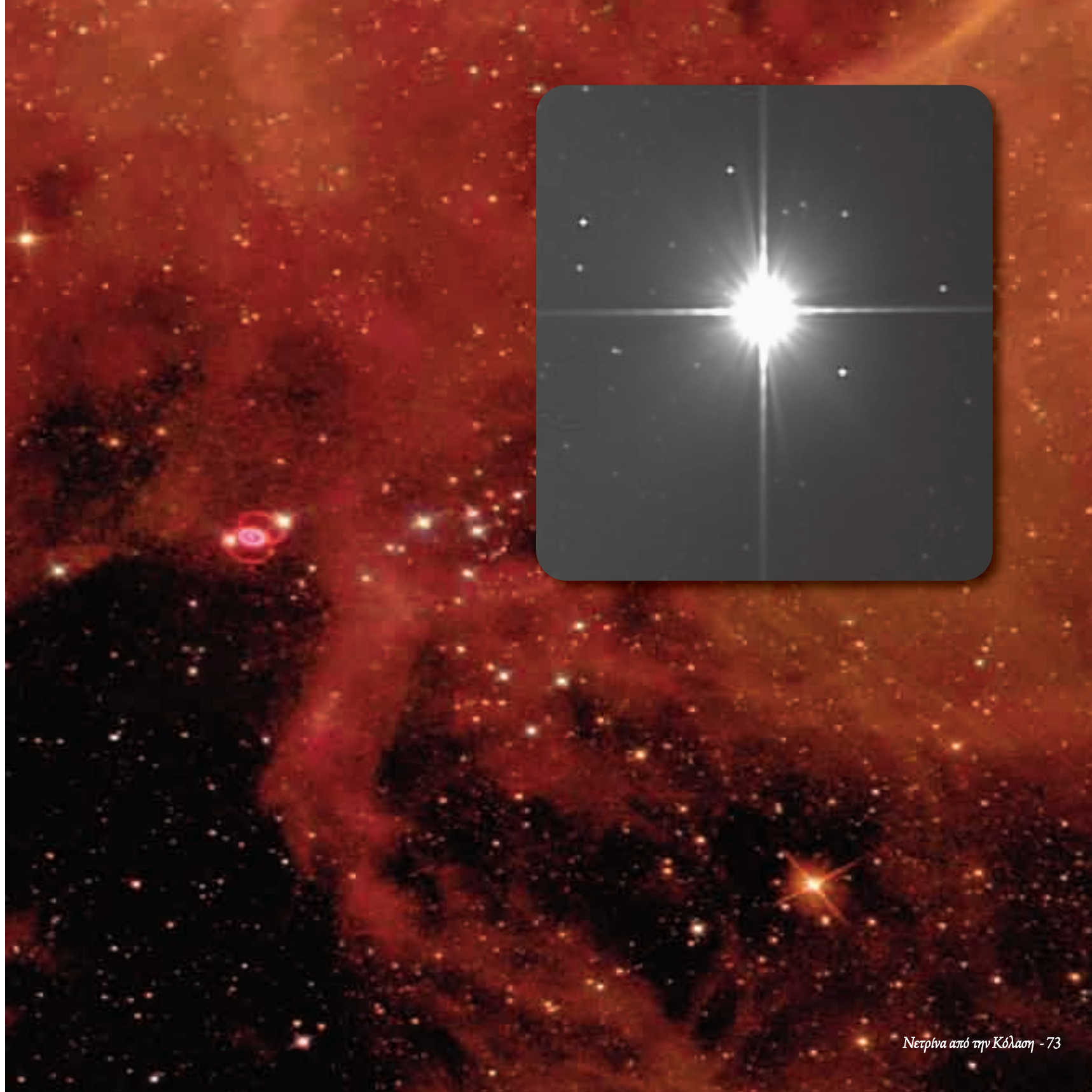
Πίσω του είχε αφήσει συμπιεσμένα υλικά 1,5 περίπου ηλιακών μαζών αποτελούμενα από νετρόνια. Τα υλικά αυτά σχημάτισαν ένα άστρο νετρονίων εκκλύοντας τεράστια ποσά ενέργειας ίση με τη μετατροπή υλικών 20% της μάζας του Ήλιου σε καθαρή ενέργεια. Η ενέργεια δηλαδή που ακτινοβολήθηκε είναι ίση με την εκπομπή ενέργειας του Ήλιου μας για αρκετά τρισεκατομμύρια χρόνια. Σ' αυτό το σημείο, η θερμοκρασία έφτασε τα 480 δισεκατομμύρια βαθμούς και τα φυλακισμένα νετρίνα κατόρθωσαν επί τέλους να διαφύγουν μεταφέροντας μαζί τους το 99% της ενέργειας αυτής.

Στα 100 πρώτα δευτερόλεπτα μετά την εκκίνησή του, το κρουστικό κύμα είχε διασχίσει όλους τους μανδύες του αστρικού πυρήνα και είχε φτάσει στο όριο που διαχώριζε το κέλυφος του ηλίου με τα εξωτερικά στρώματα του υδρογόνου (που αποτελούσε και το 85% των υλικών του άστρου). Αλλά 2.000 δευτερόλεπτα αργότερα η δημιουργηθείσα ανισορροπία σχημάτισε ακτινωτές συγκεντρώσεις αερίων του αστρικού πυρήνα, πέντε φορές πυκνότερες από τα αέρια των εξωτερικών στρωμάτων που διαπερνούσαν. Ενώ στα 10.000 δευτερόλεπτα (2 ώρες και 47 λεπτά) τα διαστελλόμενα υλικά του πυρήνα είχαν πάρει τη μορφή ενός αχινού.

Στο μεταξύ το γοργά διαστελλόμενο «κρουστικό κύμα» συνάντησε στο δρόμο του ένα στρώμα οξυγόνου και το μετέτρεψε αμέσως σε ραδιενεργό νικέλιο. Μια ποσότητα 140 τρισεκατομμυρίων τρισεκατομμύρια τόνων νικελίου-56 (7% της μάζας του Ήλιου) εκτοξεύτηκε μαζί μ' όλα τ' άλλα υλικά στο Διάστημα, με μια ταχύτητα 17.000 χιλιομέτρων το δευτερόλεπτο, θερμαίνοντας τα αέρια του εξωτερικού μανδύα στους 100.000 βαθμούς Κελσίου. Την ίδια στιγμή ολόκληρο το άστρο διασπάστηκε κυριολεκτικά με μια τεράστια έκρηξη και την εκπομπή τεραστίων ποσοτήτων υπεριώδους ακτινοβολίας και ακτίνων Χ, λάμποντας με τη συνολική ένταση 250 εκατομμυρίων ήλιων.

Από τον Απρίλιο ως τον Ιούνιο του 1987 η SN1987-A εξέπεμψε περισσότερο από το 90% της συνολικής της εκπομπής φωτός. Πιο σημαντικό όμως από το ορατό φως μιας σουπερνόβα είναι οι ακτίνες γάμα που εκπέμπονται από τέτοιου είδους κατακλυσμιαίες αστρικές εκρήξεις. Αν ένα τέτοιο κύμα ακτινοβολίας γάμα έλθουζε τον πλανήτη μας, από μια σουπερνόβα μερικά έτη φωτός μακριά μας, θα τον αποστείρωνε καταστρέφοντας κάθε τι το ζωντανό σε μερικά μόλις δευτερόλεπτα. Για καλή μας όμως τύχη δεν υπάρχουν στην αστρική μας γειτονιά τέτοιου είδους άστρα που θα μπορούσαν να γίνουν σουπερνόβα.

Απ' όλα τα άστρα της γειτονιάς μας ο Μπετελγκέζ, στον αστερισμό του Ωρίωνα, θεωρείται ο πιο βέβαιος προγενήτορας μιας έκρηξης σουπερνόβα. Πολλοί μάλιστα θεωρούν ότι ο Μπετελγκέζ έχει ήδη εκραγεί, αλλά επειδή βρίσκεται σε απόσταση 650 ετών φωτός το μήνυμά της έκρηξης του δεν έχει ακόμα φτάσει στη Γη. Λόγω της μικρής τους απόστασης από μας, τα νετρίνα που θα μας βομβαρδίσουν από την έκρηξη του Μπετελγκέζ θα έχουν ως αποτέλεσμα κάθε πειραματική «συσκευή» μελέτης νετρίνων (που στην περίπτωση της SN1987-A «συνέλαβαν» συνολικά 19 νετρίνα) στην περίπτωση του Μπετελγκέζ θα «συληλάβουν» ένα εκατομμύριο νετρίνα. Φυσικά σ' αυτή την απόσταση η επίδραση του βομβαρδισμού των νετρίνων του Μπετελγκέζ δεν πρόκειται να έχει καταστροφικές συνέπειες για τον πλανήτη μας, θα μας επιτρέψει όμως να μάθουμε με λεπτομέρεια ακόμη και τις πιο ελάχιστες διεργασίες που συμβαίνουν στο εσωτερικό των άστρων. Διεργασίες που τα οδηγούν στο δρόμο τέτοιων θεαματικών θανάτων.





Τα νετρίνα, φυσικά, δεν παρεμποδίζονται σχεδόν από τίποτα. Δισσχίζονται άστρα, πλανήτες και τρισεκατομμύρια τρισεκατομμυρίων χιλιόμετρα διαστρικών νεφελωμάτων χωρίς να συγκρουστούν με τίποτα. Έτσι τα τρισεκατομμύρια τρισεκατομμυρίων νετρίνα που έφτασαν μέχρι τον πλανήτη μας από την SN1987-A διέσχυσαν όλο το πάχος της Γης μας συνεχίζοντας ακάθεκτα το δρόμο τους στο Διάστημα. Από τα 300 τρισεκατομμύρια νετρίνα που πέρασαν μέσα από τη δεξαμενή του Οχάιο κατεγράφησαν 8, ενώ άλλα 11 κατέγραψε η δεξαμενή της Ιαπωνίας. Ένα σύνολο 19 μόνο νετρίνων από τα εκατοντάδες τρισεκατομμύρια που πέρασαν από τις δύο δεξαμενές.

Οι δεξαμενές αυτές είναι εκτεταμένες πειραματικές συσκευές περιστοιχισμένες από φωτοευσαίσθητους ανιχνευτές που μεταξύ των άλλων έχουν σκοπό τον εντοπισμό των μικροσκοπικών αυτών σωματιδίων της ύλης. Η τοποθέτησή τους σε υπόγεια σπήλαια έγινε για να προστατεύονται από το συνεχή καταιγισμό των κοσμικών ακτίνων. Μερικές όμως εκατοντάδες μέτρα συμπαγών πετρωμάτων δεν αποτελούν, όπως είπαμε, κανένα εμπόδιο για τα νετρίνα. Η δεξαμενή του Οχάιο, που βρίσκεται σε βάθος 600 μέτρων, περιέχει 7.000 τόνους καθαρού νερού και 2.048 φωτοπολλαπλασιαστές. Η συσκευή της Ιαπωνίας λειτουργεί από το 1986 σε βάθος 900 μέτρων και περιέχει 3.000 τόνους νερού και 948 φωτοπολλαπλασιαστές που καλύπτουν το 20% της επιφάνειάς της.

Έτσι όταν ένα από τα επερχόμενα αυτά νετρίνα συγκρουστεί μ' ένα από τα ηλεκτρόνια των ατόμων που αποτελούν τα μόρια του νερού, το επιταχύνει και το αναγκάζει να εκπέμψει μια γαλαζωπή ανταύγεια που ονομάζεται ακτινοβολία Cherenkov. Συγχρόνως όταν ένα αντινετρίνο ηλεκτρονίου αντιδράσει μ' ένα πρωτόνιο του νερού σχηματίζει ένα νετρόνιο και ένα ενεργοποιημένο ποζιτρόνιο που εκπέμπει το ίδιο είδος ακτινοβολίας. Μ' αυτόν τον

τρόπο οι φωτοπολλαπλασιαστές των δεξαμενών συλλογών την εμφάνιση της ακτινοβολίας και με χιλιάδες καλωδιώσεις μεταφέρουν την παρατήρηση στους κεντρικούς ηλεκτρονικούς υπολογιστές όπου καταγράφεται σε ειδικές μαγνητοταινίες.

Η αστρική έκρηξη στην οποία δώσαμε το όνομα SN1987-A συνέβη πριν από 169.000 χρόνια. Το φως που έρχεται από εκεί αναλύεται ακόμη και σήμερα στα ειδικά αστροσκοπεία, σε μια προσπάθεια κατανόησης των κολλοσιαίων δυνάμεων που καταστρέφουν τα άστρα, σχηματίζοντας νέα χημικά στοιχεία στο χωνευτήρι της πυρηνικής καρδιάς τους, με αποτέλεσμα τη δημιουργία των απαραίτητων προϋποθέσεων για το σχηματισμό άστρων δεύτερης γενιάς (σαν τον Ήλιο μας) που δεν έχουν ακόμη γεννηθεί.

Και ενώ εμείς προσπαθούμε να αποσπάσουμε ότι μπορούμε από την ανακάλυψη αυτή, όλο και πιο νέα σήματα καληπάζουν προς το μέρος μας. Σε κάποιο, κοντινό μας ίσως μέρος, μια νέα σουπερνόβα, ή κάποιο άλλο παράξενο φαινόμενο, έχει ήδη αποστείλει το μήνυμά της εμφάνισής του. Το φως του θα προσφέρει σίγουρα πολύτιμα νέα στοιχεία στις μέλλουσες γενιές της ανθρωπότητας. Στοιχεία που θα βοηθήσουν στην προαιώνια αναζήτηση του ανθρώπου να κατανοήσει καλύτερα τις αλλαγές που συμβαίνουν στο συνεχώς εξελισσόμενο Σύμπαν και τις δυνάμεις που επικρατούν στη Φύση. Δυνάμεις που μπορούν να επεξηγήσουν καλύτερα φαινόμενα όπως είναι οι Μαύρες Τρύπες.



Μαύρες Τρύπες

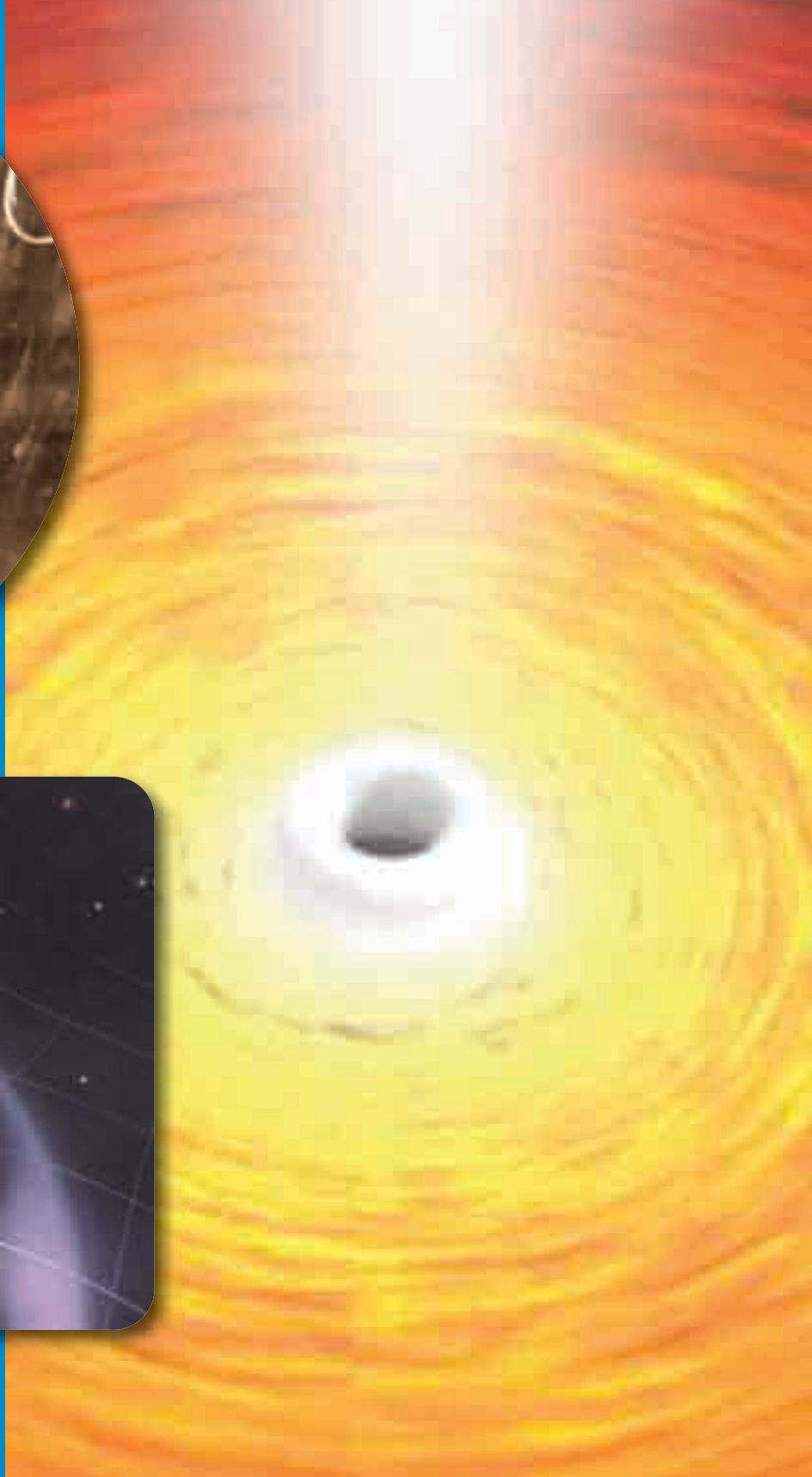
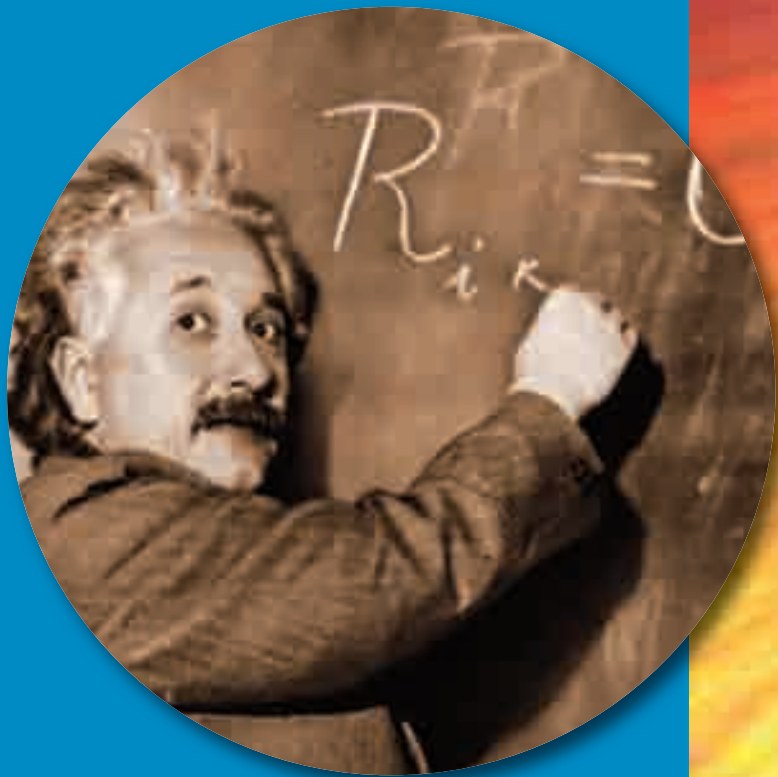
Το Μάιο του 1006 μ.Χ. ένας καλόγερος έκανε το συνηθισμένο νυχτερινό του περίπατο στον κήπο ενός μοναστηριού της Ελβετίας. Κάποια στιγμή σήκωσε τα μάτια του προς τον ουρανό, όπως έκανε κάθε βράδυ, για να θαυμάσει τα ομαδοποιημένα, στους γνωστούς τους αστερισμούς, άστρα. Χαμηλά, στο νότιο ορίζοντα και ανάμεσα στα αδύναμα άστρα του αστερισμού του Λύκου, αντίκρισε ένα εκθαμβωτικό αστραφτερό φωτεινό σημείο που έλαμπε με τη μισή σχεδόν ένταση της Πανσελήνου. Ήταν η λαμπρότερη έκρηξη σουπερνόβα που έχει παρατηρηθεί ποτέ, και η λάμψη της χρειάστηκε δύο χρόνια για να σβήσει τελείως.




Δέκα σχεδόν αιώνες πέρασαν από τότε χωρίς κανείς να ξαναδεί οτιδήποτε σ' εκείνο το σημείο τ' ουρανού μέχρι το 1965, οπότε ένα από τα πιο σύγχρονα ραδιοτηλεσκόπια κατέγραψε ορισμένες παράξενες ραδιοακτινοβολίες που προέρχονταν από εκεί. Ακόμη και σήμερα το μόνο που έχουμε ανακαλύψει εκεί πάνω είναι μερικά αραχνοϋφαντα αεριώδη στοιχεία και ορισμένους αχνούς ψιθυρισμούς ακτίνων Χ. Παρόλα αυτά πολλοί σύγχρονοι αστροφυσικοί υποπτεύονται ότι τα σήματα αυτά προέρχονται από το πιο παράξενο ίσως ουράνιο αντικείμενο σ' ολόκληρο το Σύμπαν: μια αόρατη «μαύρη τρύπα», ένα σημείο στο χωρόχρονο όπου κάποτε ζούσε ένα από τα πιο γιγάντια άστρα του Γαλαξία μας.

Τίποτα δεν μπορεί να συγκριθεί με τη βαρυτική δύναμη μιας «μαύρης τρύπας», γιατί αυτή είναι πραγματικά ένα από τα πιο μυστηριώδη ουράνια αντικείμενα στο εσωτερικό της οποίας οι νόμοι της φυσικής δεν έχουν καμιά υπόσταση. Και όμως η σύγχρονη επιστημονική έρευνα και η γενική θεωρία της σχετικότητας του Άλμπερτ Αϊνστάιν έχουν αποδείξει ήδη την πραγματικότητα της ύπαρξής τους.

Φυσικά μία «μαύρη τρύπα» είναι δύσκολο να κατανοηθεί από τον ανθρώπινο νου και ίσως αυτό να οφείλεται μερικώς τουλάχιστον στον όρο «τρύπα», γιατί μ' αυτή τη λέξη πολλοί από μας φαντάζονται ένα κάποιο βαθούλωμα πάνω σε μία επιφάνεια ή το χαρακτηριστικό ομώνυμο σκίσιμο στην επιφάνεια ενός χαρτιού. Επί πλέον η έννοια της λέξης υπονοεί επίσης και την έννοια της «έλληψης ύλης». Μία «μαύρη τρύπα» όμως είναι τελείως διαφορετική. Δεν είναι μία τρύπα σε «κάτι», γιατί είναι από μόνη της «κάτι». Είναι μία τρισδιάστατη, σφαιρική «τρύπα». Είναι μία σφαίρα ύλης και όχι ένα κενό ύλης. Αφού λοιπόν είναι σφαιρική από παντού φαίνεται ίδια, ενώ αν κοιτάζαμε μέσα της, δεν θα βλέπαμε την άλλη μεριά, αλλήθιθα αντικρίζαμε ένα άπειρο σκοτάδι που θα ήταν το ίδιο απ' οπουδήποτε και αν κοιτάζαμε. Για να γίνει λοιπόν κατανοητό το τι συμβαίνει γύρω από μια μαύρη τρύπα, ας πάρουμε τα πράγματα με τη σειρά.





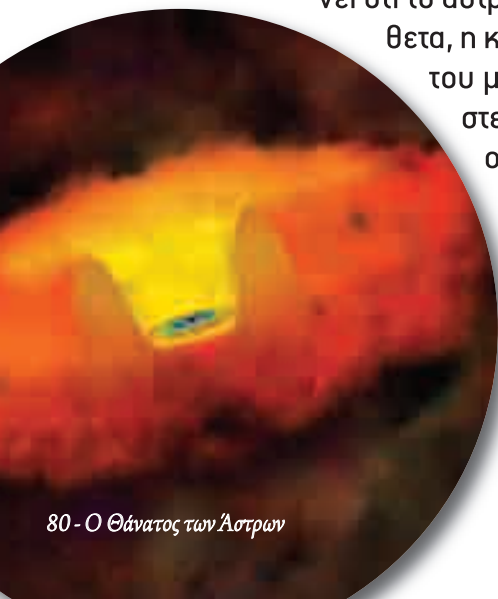
Η ονομασία «μαύρη τρύπα» δόθηκε στα αντικείμενα αυτά μόλις το 1968 από τον Αμερικανό αστροφυσικό Τζον Α. Γουίλερ σ' ένα συνέδριο στη Γαλλία. Παρόλα αυτά η πρόβλεψη για την πιθανή τους ύπαρξη έγινε για πρώτη φορά το 1783 από τον Άγγλο γεωλόγο και μαθηματικό Τζον Μίτσελ και το 1789 από το Γάλλο μαθηματικό Πίαρ Σιμόν Λαπλάς. Η πληρέστερη όμως θεωρητική τους υπόσταση και περιγραφή έπρεπε να περιμένει αναγκαστικά τη δημοσίευση της γενικής θεωρίας της σχετικότητας του Άλμπερτ Αϊνστάιν το 1915. Οι εξισώσεις της θεωρίας αυτής είναι τόσο πολύπλοκες ώστε ακόμη και ο Αϊνστάιν δεν ασχολήθηκε πολύ με την επίλυσή τους γιατί οι εξισώσεις αυτές επιδέχονται περισσότερες από μία λύσεις, ανάλογα με τις επιμέρους ιδιότητες που έχει μια «μαύρη τρύπα».

Μ' αυτή λοιπόν την έννοια μια «μαύρη τρύπα» είναι ένα σώμα «απλό» στην περιγραφή του, αφού το μόνο που χρειάζεται να γνωρίζουμε γι' αυτή είναι η μάζα που περιέχει, ο ρυθμός της περιστροφής της και το ηλεκτρικό της φορτίο. Η πρώτη ειδική λύση των εξισώσεων της θεωρίας του Αϊνστάιν διατυπώθηκε το 1917 από το Γερμανό αστρονόμο Καρλ Σβάρτσιλντ μερικούς μήνες πριν πεθάνει σε νεαρότατη ηλικία και περιγράφει την απλούστερη μορφή μιας «μαύρης τρύπας» που προκύπτει από την κατάρρευση ενός απόλυτα σφαιρικού άστρου με μάζα, αλλά χωρίς ηλεκτρικό φορτίο ή περιστροφή.

Ένα χρόνο αργότερα οι Ράισονερ και Νόρντστρομ διατύπωσαν μια λύση των εξισώσεων που αφορούσε την περίπτωση μιας ηλεκτρικά φορτισμένης «μαύρης τρύπας». Μια τέτοια «μαύρη τρύπα», όμως, όπως κι αυτή του Σβάρτσιλντ, δεν είναι δυνατόν, για διάφορους λόγους, να υφίσταται στη φύση. Έτσι τη σκυτάλη πήρε αργότερα ο Αμερικανός φυσικός Ρόμπερτ Οπενχάιμερ ο οποίος το 1939 απέδειξε ότι η θανατηφόρα έκρηξη ενός γιγάντιου άστρου με πυρήνα άνω των τριών ηλιακών μαζών θα το αναγκάσει να καταπιεί κυριολεκτικά τον εαυτό του, μετατρέποντάς το σε «μαύρη τρύπα». Ακόμη όμως και τότε η επιστημονική κοινότητα δεν ήταν έτοιμη να αποδεχτεί την ύπαρξη τέτοιων παράδοξων αντικειμένων.

Το 1963 ο Νεοζηλανδός φυσικός Ρόι Κερ διατύπωσε για πρώτη φορά τη λύση των εξισώσεων του Αϊνστάιν για την περίπτωση των περιστρεφόμενων «μαύρων τρυπών». Μια περιστρεφόμενη «μαύρη τρύπα» είναι το αποτέλεσμα της κατάρρευσης του πυρήνα ενός περιστρεφόμενου γιγάντιου άστρου, του οποίου ο πυρήνας, ακόμη και μετά την έκρηξή του ως σουπερνόβα, περιέχει υλικά πάνω από τρεις ηλιακές μάζες. Τότε το άστρο αυτό δεν είναι δυνατό να τελειώσει τη ζωή του ως άσπρος νάνος ή άστρο νετρονίων, γιατί η βαρυτική κατάρρευση των υλικών του είναι ολοκληρωτική και κανένας μηχανισμός της φύσης δεν μπορεί να τη συγκρατήσει. Έτσι, καθώς η ακτίνα του καταρρέοντος άστρου μικραίνει, θα φτάσει στο μέγεθος ενός νοτιού κελύφους στην επιφάνεια του οποίου η ταχύτητα διαφυγής είναι ίση με την ταχύτητα του φωτός οπότε και η βαρυτική του δύναμη θα είναι άπειρη. Η ακτίνα αυτή εξαρτάται από την ποσότητα της μάζας που διαθέτει το καταρρέον άστρο και ονομάζεται ακτίνα Σβάρτσιλντ.

Για μάζα ίση με της Γης η ακτίνα Σβάρτσιλντ είναι μικρότερη από ένα εκατοστόμετρο, ενώ για μια ηλιακή μάζα φτάνει τα 3 χιλιόμετρα. Σ' αυτήν την ακτίνα, και γύρω από το άστρο, σχηματίζεται ένα νοτιό απαγορευτικό κέλυφος, με την ονομασία ορίζοντα γεγονότων. Οτιδήποτε περάσει μέσα σ' αυτόν δεν ξαναγυρίζει πίσω. Ο σχηματισμός όμως του ορίζοντα γεγονότων δε σημαίνει ότι το άστρο σταματάει τη βαρυτική του κατάρρευση. Αντίθετα, η κατάρρευση συνεχίζεται ακάθεκτη, ενώ η ακτίνα του μικραίνει συνεχώς, έως ότου το άστρο περιοριστεί σ' ένα «ιδιόμορφο χωροχρονικό σημείο» που ονομάζεται μοναδικότητα (singularity), συντρίβοντας έτσι μέχρις «αφανισμού» την ύλη του. Σύμφωνα δηλαδή με τις εξισώσεις της Γενικής Σχετικότητας στο «ιδιόμορφο» αυτό σημείο (που εντούτοις δεν έχει μηδενικό μέγεθος) η πυκνότητα είναι άπειρη, ο χώρος έχει άπειρη καμπυλότητα και ο χρόνος σταματά να υπάρχει.





Παράξενες Ιδιότητες



Συνοπτικά, θα μπορούσαμε να πούμε ότι μια «μαύρη τρύπα» είναι ένα ανεξήγητο και αδιανόητο σημείο στο Σύμπαν, μια ιδιομορφία, που περιβάλλεται από τον ορίζοντα γεγονότων του και έχει ακτίνα η οποία εξαρτάται από τη μάζα του άστρου. Αυτή είναι η περιγραφή μιας απλής «μαύρης τρύπας» του Σβάρτσιλντ. Αντίθετα, η περιστρεφόμενη «μαύρη τρύπα» του Κερ περιλαμβάνει και ένα δεύτερο νοητό σφαιρικό κέλυφος, που ονομάζεται στατικό όριο, το οποίο στους πόλους περιστροφής της «μαύρης τρύπας» ταυτίζεται με τον ορίζοντα γεγονότων, ενώ έχει μέγιστη απόσταση στον ισημερινό και έξω από τον ορίζοντα γεγονότων. Η περιοχή ανάμεσα στον ορίζοντα γεγονότων και το στατικό όριο ονομάζεται εργόσφαιρα.



Ένα αντικείμενο όταν βρίσκεται στην εργόσφαιρα δεν μπορεί να μείνει στάσιμο και έχει τη δυνατότητα, θεωρητικά τουλάχιστον, να δραπετεύσει από την ελκτική δύναμη της «μαύρης τρύπας», αν φυσικά μπορεί να κινηθεί με αρκετά μεγάλη ταχύτητα. Κάτι που θα πρέπει να σημειώσουμε επίσης είναι και το γεγονός ότι στην περιστεφόμενη «μαύρη τρύπα» του Κερ η μοναδικότητα δεν είναι πλέον ένα απλό σημείο, αλλά ένας δακτύλιος.

Με όλα αυτά, λοιπόν, δεν είναι καθόλου παράξενο που μια «μαύρη τρύπα» αντιμετωπίζεται σήμερα σαν ένα πραγματικά αδιανόητο ουράνιο αντικείμενο, όπου οι νόμοι της φυσικής έχουν «σηκώσει τα χέρια ψηλά», αδυνατώντας είτε να το περιγράψουν αναλυτικότερα είτε να προβλέψουν το τι συμβαίνει στο εσωτερικό του. Δεν υπάρχει δηλαδή τρόπος ούτε να καταλάβουμε ούτε να εξηγήσουμε τη φυσική κατάσταση της ύλης κάτω από τις συνθήκες που επικρατούν σε μία «μαύρη τρύπα», γιατί οι συνθήκες αυτές χαρακτηρίζουν ένα σημείο μοναδικότητας για τη φυσική επιστήμη. Ένα σημείο δηλαδή όπου η σύγχρονη επιστήμη της φυσικής παύει να ισχύει.

Δεκάδες εκατομμύρια τέτοια λείψανα πρέπει να υπάρχουν αυτή τη στιγμή στο Γαλαξία μας και μόνο. Γιατί είναι πλέον γεγονός ότι το αποτέλεσμα της ολοκληρωτικής κατάρρευσης ενός γιγάντιου άστρου είναι πάντοτε μια τέλεια σφαιρική «μαύρη τρύπα», οποιαδήποτε και αν ήταν τα χαρακτηριστικά του άστρου που την δημιούργησε. Σύμφωνα δηλαδή με την παραστατική ονομασία που τους έδωσε το 1971 ο Τζον Γουίλλερ «οι μαύρες τρύπες δεν έχουν τρίχες», δεν διαθέτουν δηλαδή κανένα άλλο χαρακτηριστικό εκτός από την ποσότητα της μάζας τους, το ηλεκτρικό τους φορτίο και την περιστροφή τους. Όλα τα άλλα χαρακτηριστικά του άστρου από το οποίο δημιουργήθηκαν ακτινοβολούνται με τη μορφή βαρυτικών κυμάτων και αποχωρίζονται από τις «μαύρες τρύπες» αμέσως μετά το σχηματισμό τους.

Ένα ταξίδι όμως «στη χώρα των θαυμάτων» μιας Μαύρης Τρύπας, είναι άραγε πραγματικά ένα ταξίδι χωρίς επιστροφή; Και επί πλέον, αφού δεν μπορούμε να την «δούμε» πώς είναι δυνατόν να ανακαλύψουμε μια τέτοια Μαύρη Τρύπα; Πώς μπορούμε δηλαδή να δούμε «κάτι» που δεν εκπέμπει φως; Την απάντηση μάς την δίνει η θεωρητική ανάλυση της συμπεριφοράς της ύλης στα πρόθυρα μιας Μαύρης Τρύπας. Γιατί καθώς η ύλη, που απορροφάται απ' αυτήν, εξαφανίζεται για πάντα μέσα της, εκπέμπει το «κύκνειο άσμα» της με τη μορφή ακτίνων Χ. Το τι συμβαίνει δηλαδή όταν μία ποσότητα ύλης, οποιασδήποτε μορφής, πλησιάζει μια Μαύρη Τρύπα δεν είναι αυτό που συμβαίνει όταν κάτι τι «πέφτει» σε μια τρύπα μιας επίπεδης επιφάνειας. Στην περίπτωση της Μαύρης Τρύπας η ύλη «απορροφάται» απ' αυτήν και «εξομοιώνεται» μ' αυτήν. Ένας πύραυλος, για παράδειγμα, πριν χαθεί για πάντα, θα διαλυθεί και η ύλη του θα μεταβληθεί εκπέμποντας στα πρόθυρα μια ροή ακτίνων Χ, ενώ στο εσωτερικό της Μαύρης Τρύπας δεν θα είναι πια ένας πύραυλος αλλά ένα αναπόσπαστο ομοούσιο μέρος της.

Επειδή οι Μαύρες Τρύπες δεν εκπέμπουν φως, ο μόνος τρόπος για να ανακαλυφτούν είναι ο εντοπισμός στο Γαλαξία μας πηγών που εκπέμπουν ακτίνες Χ. Έτσι παρόλο που μια Μαύρη Τρύπα είναι αδύνατον να παρατηρηθεί με τα οπτικά μας τηλεσκόπια, τα σύγχρονα όργανα που διαθέτουμε σε τροχιά πάνω από την ατμόσφαιρα της Γης έχουν τη δυνατότητα να παρατηρήσουν τέτοια σημεία στο Διάστημα απ' όπου εκπέμπονται τεράστιες ποσότητες ακτινοβολιών υψηλής ενέργειας. Τα σημεία αυτά αποτελούν σήμερα για τους αστροφυσικούς τις κύριες υποψήφιες φωλιές όπου μπορεί να κρύβονται οι Μαύρες Τρύπες του Διαστήματος.

Το 1974 ο περίφημος φυσικός Στίβεν Χώκινγκ (ο οποίος κατέχει στο Κέιμπριτζ την ίδια έδρα που είχε κάποτε ο Νεύτων) ανακάλυψε μια παραξενιά στους νόμους της φυσικής και υπολόγισε ότι οι Μαύρες Τρύπες δεν είναι «τελείως μαύρες» αφού μπορούν και εκπέμπουν κβαντική ακτινοβολία που έκτοτε ονομάστηκε «ακτινοβολία Χώκινγκ». Η ανακάλυψη δηλαδή του Χώκινγκ μας λέει ότι οι Μαύρες Τρύπες «εξατμίζονται» και ότι οι νόμοι της μηχανικής των Μαύρων Τρυπών είναι ίδιοι με τους νόμους της θερμοδυναμικής. Την παρατήρηση αυτή έκανε πρώτος το 1969 ο Δημήτρης Χριστοδούλου, ένας 19χρονος τότε Έλληνας μεταπτυχιακός φοιτητής στο Πρίνσετον και σημερινός καθηγητής Μαθηματικών στο ίδιο Πανεπιστήμιο.

Ο Χώκινγκ μας είπε επίσης ότι η εντροπία μιας Μαύρης Τρύπας είναι ανάλογη με το μέγεθος της επιφάνειάς της και επί πλέον ότι η επιφάνειά της είναι ανάλογη με το τετράγωνο της μάζας της, ενώ η θερμοκρασία της και η επιφανειακή της βαρύτητα είναι ανάλογη με τη μάζα της διαιρούμενη με το μέγεθος της επιφάνειάς της. Όλα αυτά όμως σημαίνουν ότι καθώς μια Μαύρη Τρύπα μετατρέπει την μάζα της σε εκπεμπόμενη ενέργεια, η ποσότητα της μάζας της και η επιφάνειά της ελαττώνονται ενώ η θερμοκρασία και η επιφανειακή της βαρύτητα αυξάνουν με αποτέλεσμα την υπερθέρμανση και συρρίκνωσή της.

Φυσικά όσο πιο μεγάλη είναι μια Μαύρη Τρύπα τόσο πιο μικρή είναι και η ακτινοβολία της. Στην περίπτωση, για παράδειγμα, των Μαύρων Τρυπών που προέρχονται από την κατάρρευση γιγάντιων άστρων η διαδικασία της «εξάτμισης» είναι μια πάρα πολύ αργή διαδικασία που απαιτεί τρισεκατομμύρια τρισεκατομμυρίων χρόνια (για Μαύρες Τρύπες δύο ηλιακών μαζών χρειάζονται 1067 χρόνια αφού η αρχική τους θερμοκρασία είναι ίση σχεδόν με το απόλυτο μηδέν!) Όταν όμως φτάσει ο καιρός (μετά από τρισεκατομμύρια τρισεκατομμυρίων χρόνια) η θερμοκρασία στο εσωτερικό της θα μετριέται σε δεκάδες χιλιάδες τρισεκατομμύρια βαθμούς με αποτέλεσμα την έκρηξη της Μαύρης Τρύπας μέσα σε κλάσματα του δευτερολέπτου. Γεγονός που σημαίνει ότι, στην περίπτωση τουλάχιστον των μικροσκοπικών Μαύρων Τρυπών, που προέρχονται από τη στιγμή της γένεσης του Σύμπαντος, οι αρχέγονες αυτές «μίνι Μαύρες Τρύπες» (με μέγεθος μικρότερο από έναν ατομικό πυρήνα) θα πρέπει να έχουν «εξατμιστεί» εδώ και πολύ καιρό. Φυσικά μερικές απ' αυτές μπορεί να υπάρχουν ακόμα και σήμερα και από καιρό σε καιρό να εκρήκνυνται, ίσως περιοδικά, εδώ κι εκεί στο Διάστημα.

Ένα άλλο, τέλος, χαρακτηριστικό που αποδείχτηκε το 1986, είναι και το γεγονός ότι μια μαύρη τρύπα είναι αδύνατον να περιστραφεί γρηγορότερα από μια υπολογίσιμη μέγιστη τιμή με οποιονδήποτε τρόπο και αν προσπαθήσουμε να επιτύχουμε κάτι τέτοιο. Στην περίπτωση μιας Μαύρης Τρύπας με την μάζα του Ήλιου μας η μέγιστη τιμή περιστροφής της είναι μια περιστροφή ανά 62 εκατομμυριοστά του δευτερολέπτου (0,000062 δευτερόλεπτα). Μια τέτοια Μαύρη Τρύπα θα έχει περίμετρο 18,5 χιλιομέτρων οπότε η ταχύτητα περιστροφής της θα είναι 18,5 χιλιόμετρα ανά 0,000062 του


δευτερολέπτου, ταχύτητα δηλαδή ίση σχεδόν με την ταχύτητα του φωτός (299.792 χιλιόμετρα το δευτερόλεπτο). Με

το ίδιο σκεπτικό μια Μαύρη Τρύπα με μάζα ενός εκατομμυρίου ήλιων θα έχει περίμετρο ένα εκατομμύριο φορές μεγαλύτερη από τη Μαύρη Τρύπα μιας ηλιακής μάζας, οπότε και η μέγιστη ταχύτητα περιστροφής της θα είναι ένα εκατομμύριο φορές μικρότερη, μία δηλαδή περιστροφή κάθε 62 δευτερόλεπτα!



Δαιμονικά Πουλιά του Σύμπαντος





Στο ζενίθ σχεδόν του καλοκαιρινού ουρανού πάνω από τη Μεσοποταμία απλώνονταν εκείνο το βράδυ, πριν από 4.000 χρόνια, τα άστρα του αστερισμού που ονομάζουμε σήμερα Κύκνο. Ξαφνικά, ανάμεσα στ' άστρα του Κύκνου, μια φωτεινή αναλαμπή έσκισε το σκοτάδι της νύχτας με την ένταση της Πανσελήνου. Το λαμπερό εκείνο άστρο έγινε από τότε για τους Σουμέριους αντικείμενο θαυμασμού και φόβου, και τ' όνομά του, «Ουντ-Κα-Ντου- Ά», το «δαιμονικό πουλί», χαράχτηκε για πάντα στα πήλινα αρχεία της Βαβυλώνας. Έκτοτε, και μέχρι τον Ιούνιο του 1962, τίποτα δεν πρόδιδε την ακριβή θέση του «δαιμονικού πουλιού» των Σουμέριων. Τη χρονιά εκείνη ένας πύραυλος εξοπλισμένος με διερευνητικά όργανα κατέγραψε την πρώτη περιοχή ακτίνων Χ στο σημείο της πανάρχαιας εκείνης ουράνιας έκρηξης και πήρε το όνομα Κύκνος Χ-1.

Ένας άλλος τρόπος για τον εντοπισμό μιας Μαύρης Τρύπας είναι η παρατήρηση των διαταραχών στην κίνηση ενός μονού φαινομενικά άστρου. Αν, λοιπόν, κοντά σ' ένα τέτοιο άστρο υπάρχει μια Μαύρη Τρύπα, αυτό είναι αναγκασμένο να συμπεριφερθεί σαν ένα διπλό αστρικό σύστημα. Γιατί παρόλο που το μέγεθος μιας Μαύρης Τρύπας είναι μηδαμινό, το βαρυτικό της πεδίο είναι πολλές φορές πιο ισχυρό από εκείνο του ορατού άστρου. Έτσι το «μονό» αυτό άστρο μετατρέπεται σε «καβαλιέρο» μιας αόρατης «ντάμας», της Μαύρης Τρύπας, ακολουθώντας τους μουσικούς ρυθμούς της φύσης. Βρισκόμαστε δηλαδή αντιμέτωποι μ' ένα παράξενο αστρικό ζευγάρι που αναγκάζεται να χορέψει ένα χαρακτηριστικό «pas-de-deux», χορογραφημένο από τις βαρυτικές δυνάμεις που επικρατούν στο όλο σύστημα. Η χρήση αυτής της μεθόδου, σε συνδυασμό με την εκπομπή ακτίνων Χ, ήταν ο τρόπος με τον οποίο επιβεβαιώθηκε πριν από μερικά χρόνια η ύπαρξη μιας Μαύρης Τρύπας γύρω από το γαλάζιο γίγαντα που είχε πάρει την ονομασία Κύκνος Χ-1.

Η ανάλυση των ακτινοβολιών αυτών μας έχει προσφέρει το πορτρέτο ενός παρξένου ουρανίου ζευγαριού: ενός γιγάντιου γαλαζωπού άστρου με υλικά 33 ηλιακών μαζών, σε ένα θανάσιμο εναγκαλισμό με μια Μαύρη Τρύπα 16 ηλιακών μαζών, που αποκαλύφτηκε χάρη στα... λαίμαργα, κανιβαλιστικά αισθήματα που τρέφει για τον αστρικό της σύντροφο. Γιατί, παρόλο που τα δυο αυτά ουράνια σώματα απέχουν 30 εκατομμύρια χιλιόμετρα μεταξύ τους (το 1/5 δηλαδή της απόστασης Γης- Ηλίου), η Μαύρη Τρύπα ξεσκίζει ανελέητα τις αέριες μάζες του γαλάζιου γίγαντα με ρυθμό ενός εκατομμυρίου τόνων το δευτερόλεπτο. Έτσι, καθώς τα κλημμένα υλικά πέφτουν προς τη διαστημική δίνη της Μαύρης Τρύπας, υπερθερμαίνονται σε θερμοκρασία εκατομμυρίων βαθμών, με αποτέλεσμα την εκπομπή τεραστίων ποσοτήτων ακτίνων Χ. Αυτός άηλωσε ήταν και ο λόγος για τον οποίο προκλήθηκε το αρχικό ενδιαφέρον των αστροφυσικών.

Τα υλικά του γαλάζιου γίγαντα όμως δεν πέφτουν κατευθείαν στη Μαύρη Τρύπα, αλλά, αντίθετα, σχηματίζουν έναν περιστρεφόμενο δίσκο επικάθισης γύρω από τον ισημερινό της, με τη μορφή μιας τεράστιας διαστημικής δίνης. Αυτή καθαυτή η Μαύρη Τρύπα είναι φυσικά «αόρατη» βρίσκεται όμως στο κέντρο της περιστρεφόμενης ρουφήχτρας των υλικών. Και όταν τελικά τα υλικά αυτά βρουν το δρόμο τους προς τη Μαύρη Τρύπα επιταχύνονται σχεδόν στην ταχύτητα του φωτός (300.000 χιλιόμετρα το δευτερόλεπτο) λίγο πριν εισχωρήσουν στον ορίζοντα γεγονότων της Μαύρης Τρύπας.

Τα δυο άστρα, ο γαλάζιος γίγαντας και η Μαύρη Τρύπα, περιφέρονται γύρω από το κοινό κέντρο βάρους τους σε μια περίοδο 5-6 ημερών. Ο συνοδός υπεργίγαντας της Μαύρης Τρύπας έχει θερμοκρασία 25.000 βαθμών Κελσίου, εξ ου και το γαλαζωπό του χρώμα, και παρόλο που βρίσκεται σε απόσταση 8.000 ετών φωτός από τη Γη, η ένταση των ακτίνων Χ που εκπέμπονται από εκεί είναι 3 έως 6 χιλιάδες φορές μεγαλύτερη από την ενεργειακή εκπομπή του Ήλιου σ' όλα τα μήκη κύματος.

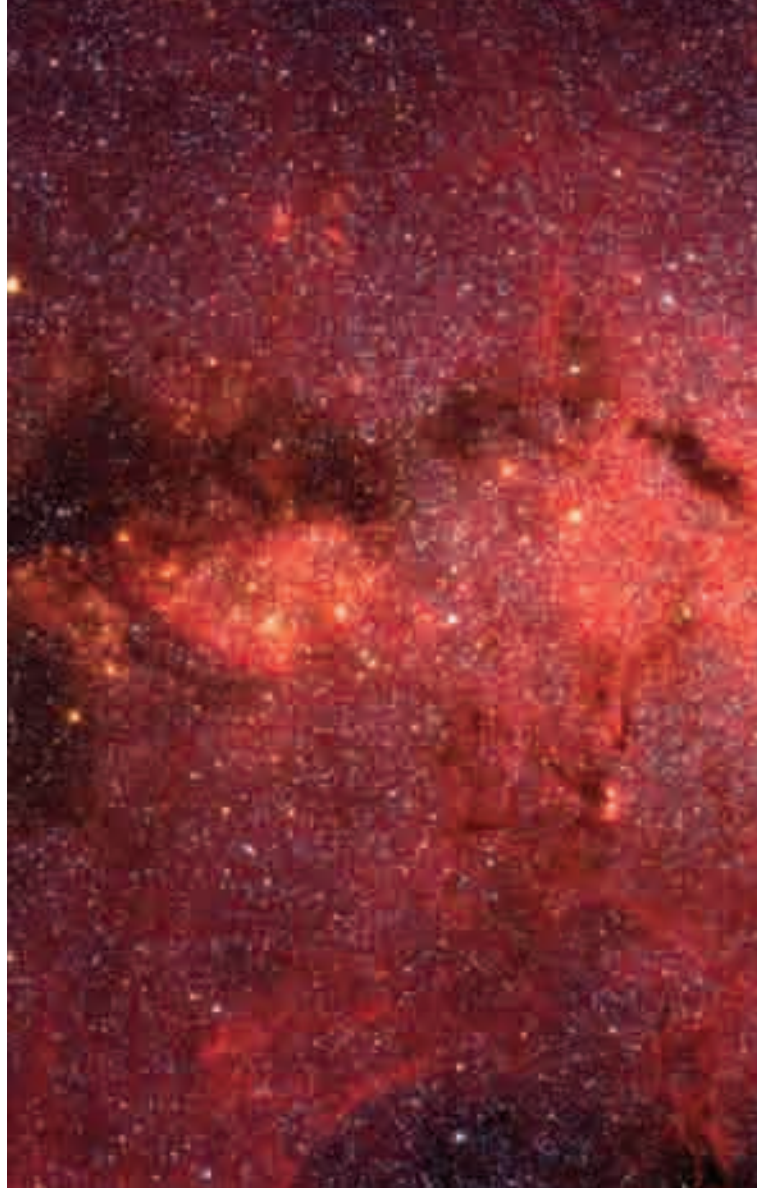
Η Μαύρη Τρύπα, ή καλύτερα ο ορίζοντας γεγονότων της, έχει διάμετρο 100 περίπου χιλιομέτρων, ενώ γύρω της υπάρχει μια υπερθερμασμένη σφαίρα ηλεκτρονίων και ποζιτρονίων με θερμοκρασία αρκετών δεκάεκατομμυρίων βαθμών και διάμετρο 800 περίπου χιλιομέτρων. Σ' αυτό το σύννεφο σωματιδίων ύλης και αντιύλης, τα ηλεκτρόνια και τα ποζιτρόνια αλληλοεξαϋλώνονται παράγοντας ακτινοβολία γάμα, ενώ συγχρόνως οι ακτίνες γάμα δημιουργούν νέα ζευγάρια ηλεκτρονίων και ποζιτρονίων.



Μία Μαύρη Τρύπα είναι το σημείο εκείνο του Διαστήματος όπου κάποτε υπήρχε ο πυρήνας ενός γιγάντιου άστρου. Ένας πυρήνας που περιείχε περισσότερα υλικά από τρεις ηλιακές μάζες και ο οποίος στην τελική φάση της εξέλιξης του άστρου έχασε τη μάχη του ενάντια στη βαρύτητα, με αποτέλεσμα τα υλικά του να καταρρεύσουν και να συμπιεστούν περισσότερο ακόμη και από τα υλικά ενός άστρου νετρονίων. Αν μπορούσαμε να συμπιέσουμε τη Γη μας ολόκληρη στο μέγεθος ενός κερασιού, θα την είχαμε μετατρέψει σε μία Μαύρη Τρύπα. Φυσικά δεν υπάρχει καμιά γνωστή διαδικασία που θα μπορούσε να μετατρέψει τη Γη, ή και τον Ήλιο ακόμη σε Μαύρη Τρύπα. Ο καταρρέων πυρήνας μίας σουπερνόβα, με υλικά πάνω από τρεις ηλιακές μάζες, είναι ένα από τα ελάχιστα αντικείμενα στο Σύμπαν που μπορούν να δημιουργήσουν κάτι τέτοιο. Και αυτού του είδους η τρύπα, θα πρέπει, εκ των πραγμάτων, να είναι μαύρη.

Η θεωρία της βαρύτητας του Αϊνστάιν μας λέει δηλαδή ότι ο διαστημικός χώρος συμπεριφέρεται με τον ίδιο τρόπο που συμπεριφέρεται ένα φανταστικό ελαστικό «Σύμπαν». Μ' αυτό το σκεπτικό κάθε άστρο ή πλανήτης, κάθε τι το υλικό στο Σύμπαν, δημιουργεί μία παραμόρφωση στο διαστημικό χώρο γύρω από το αντικείμενο αυτό. Η παραμόρφωση μάλιστα αυτή είναι τόσο μεγάλη όσο μεγαλύτερη είναι και η ποσότητα των υλικών που περιέχονται στο αντικείμενο που τη δημιουργεί. Η θεωρία όμως του Αϊνστάιν υπονοεί επίσης ότι στο Σύμπαν θα μπορούσε να υπάρξει και κάποιο αντικείμενο με υλικά τόσο πολύ συμπιεσμένα, ώστε η δύναμη της βαρύτητάς του να παραμορφώνει το Διάστημα γύρω του σε αφάνταστο βαθμό και μέχρις ότου αυτό τούτο το αντικείμενο, «ανοίγοντας» μία τρύπα στη δομή του Σύμπαντος, «χαθεί» για πάντα απ' αυτό. Ας εξηγηθούμε όμως καλύτερα.

Για να διαφύγει κανείς από τη βαρυτική έλξη της Γης μας χρειάζεται έναν πύραυλο που θα κινείται με ταχύτητα 40.000 χιλιομέτρων την ώρα (11 χλμ. το δευτερόλεπτο). Μ' αυτή την ταχύτητα ο πύραυλος κινείται τόσο γρήγορα ώστε η βαρυτική δύναμη της Γης δεν μπορεί να τον τραβήξει πίσω στην επιφάνειά της. Όσο μεγαλώνει η βαρύτητα, τόσο πιο μεγάλη είναι αναγκαστικά και η ταχύτητα διαφυγής μας από ένα αντικείμενο. Αν θέλαμε να διαφύγουμε από το Δία, για παράδειγμα, θα 'πρεπε να ταξιδεύαμε έξι φορές πιο γρήγορα από την ταχύτητα που χρειαζόμαστε για να διαφύγουμε από τη Γη, που σημαίνει ότι θα 'πρεπε να ταξιδεύαμε με ταχύτητα 240.000 χιλιομέτρων την ώρα, ενώ για να ξεφύγουμε από την επιφάνεια του Ήλιου θα 'πρεπε να υπερβαίναμε την ταχύτητα των 2,2 εκατομμυρίων χιλιομέτρων την ώρα.





Στην περίπτωση όμως μιας Μαύρης Τρύπας η απαιτούμενη ταχύτητα διαφυγής υπερβαίνει την ίδια την ταχύτητα του φωτός (300.000 χιλιόμετρα το δευτερόλεπτο). Έτσι ακόμη και μία ακτίδα φωτός δεν μπορεί να ταξιδέψει αρκετά γρήγορα και να ξεφύγει. Σε μία Μαύρη Τρύπα η δύναμη της βαρύτητας είναι τόσο μεγάλη ώστε ακόμη και το φως δεν μπορεί να διαφύγει απ' αυτήν. Έτσι το παγιδευμένο φως της Μαύρης Τρύπας δεν είναι δυνατόν να φτάσει μέχρι τα μάτια μας για να το δούμε. Μ' αυτή, λοιπόν, την έννοια η Τρύπα αυτή είναι Μαύρη.



Επίλογος: Είμαστε Αστρόσκονη

Φτάσαμε πια στο τέλος της σημερινής μας ιστορίας. Πρόκειται, όπως είδατε, για την ιστορία της αναζήτησης του ανθρώπου να μάθει περισσότερα για το Σύμπαν και τη θέση του μέσα σ' αυτό. Μια ιστορία που γράφτηκε μετά από πολύχρονες και επισταμένες έρευνες και μελέτες με όλα τα μέσα που διαθέτουν οι επιστήμονες της Γης. Είτε αυτά είναι τα τηλεσκόπια και τα ραδιοτηλεσκόπια στην επιφάνεια του πλανήτη μας, είτε με τη βοήθεια των δορυφόρων και των τροχιακών μας τηλεσκοπίων, είτε με το χαρτί και το μολύβι στα θεωρητικά εργαστήρια, είτε τέλος με τους ηλεκτρονικούς υπολογιστές στη διερεύνηση των διάφορων μοντέλων.

Φαίνεται, όμως, ότι ο άνθρωπος σ' αυτόν το χρυσό αιώνα της Αστρονομίας, πρέπει να βγάλει το χρυσάφι από το ορυχείο της γνώσης κομμάτι-κομμάτι, αν και η τελική απάντηση πάντα θα μας διαφεύγει, κρυμμένη εκεί έξω, πάνω στις επιφάνειες κάποιων άλλων, παράξενων και αλλόκοτων πλανητών, ανάμεσα στα πολύχρωμα παλιά ή νέα άστρα και στους σπειροειδείς βραχιόνες του Γαλαξία μας. Δεν θα τελειώσουμε όμως αυτήν την περιγραφή εκεί έξω, στα μονοπάτια των άστρων, αλλά και πάλι εδώ πίσω στη Γη μας. Γιατί όσο κι αν σας φανεί παράξενο, είναι πλέον γεγονός ότι το όνειρο της ανθρωπότητας να φτάσουμε τα άστρα και να τα ψηλαφίσουμε με τα ίδια μας τα χέρια γίνεται καθημερινά πραγματικότητα εδώ, πάνω στο δικό μας πλανήτη.

Κόψτε κάποιο λουλούδι. Δοκιμάστε ένα φρούτο. Χαϊδέψτε το πρόσωπό σας. Όλα αυτά είναι κομμάτια κάποιου άστρου. Ο Ήλιος μας, η Γη μας και τα πάντα πάνω της δημιουργήθηκαν από αστροϋλικά που εκτοξεύθηκαν πριν από δισεκατομμύρια χρόνια από κάποια καταστρεφόμενη αστρική έκρηξη σουπερνόβα. Ο θάνατος δηλαδή των άστρων είναι ταυτόχρονα ένα τέλος και μια αρχή. Γιατί χωρίς τα χημικά στοιχεία που γεννήθηκαν στο εσωτερικό των άστρων και απελευθερώνονται τη στιγμή των αστρικών εκρήξεων δεν θα υπήρχαν πλανήτες και δορυφόροι, σύννεφα και βράχια, άνθρωποι και ζώα, αφού όλα αυτά είναι φτιαγμένα από τα υλικά που γεννήθηκαν στην κόλαση των αστρικών θανάτων. Είμαστε, δηλαδή, όλοι μας αστρόσκονη και κάποια μέρα θα ξαναγυρίσουμε στα άστρα. Κάποια μέρα θα υπάρξουν κι άλλοι κόσμοι, γεμάτοι με άλλα όντα, αστράνθρωποι σαν εμάς, που θα γεννηθούν από τις στάχτες ενός κάποιου άλλου πεθαμένου άστρου. Ενός άστρου που σήμερα το λέμε Ήλιο.



ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΕΣ ΤΗΣ ΠΑΡΑΣΤΑΣΗΣ

Σκηνοθεσία "STARS"
MAX CROW & PAUL MOWBRAY

Σκηνοθεσία "BLACK HOLES"
TANYA HILL

Προσαρμογή
ΠΑΝΑΓΙΩΤΗΣ ΣΙΜΟΠΟΥΛΟΣ

Επιστημονική Επιμέλεια
ΔΙΟΝΥΣΗΣ Π. ΣΙΜΟΠΟΥΛΟΣ

Τεχνική Διεύθυνση
ΜΑΝΟΣ ΚΙΤΣΩΝΑΣ

Μουσική
PIR GREASLEY

Πρόσθετη Μουσική - Sound Design
ΑΝΑΣΤΑΣΙΟΣ Κ. ΚΑΤΣΑΡΗΣ

Ελληνική Αφήγηση
ΑΡΓΥΡΗΣ ΠΑΥΛΙΔΗΣ

Αγγλική Αφήγηση
DUNKAN SKINNER

Post-production Video
ΦΙΛΙΠΠΟΣ ΛΟΥΒΑΡΗΣ

Επιστημονικοί Συνεργάτες
ΑΛΕΞΗΣ ΔΕΛΗΒΟΡΙΑΣ
ΒΑΛΙΑ ΛΥΡΑΤΖΗ

Ενορχήστρωση & Παραγωγή
WILL PENNEY

Ορχηστρική Μουσική
THE NASHVILLE SYMPHONY

Διεύθυνση Ορχήστρας
ALBERT-GEORGE SCHRAM

Προγραμματισμός Αυτοματισμών
ΜΑΝΟΣ ΚΙΤΣΩΝΑΣ
ΦΙΛΙΠΠΟΣ ΛΟΥΒΑΡΗΣ
ΓΙΩΡΓΟΣ ΜΑΥΡΙΚΟΣ
ΧΡΗΣΤΟΣ ΧΡΗΣΤΟΓΙΩΡΓΟΣ

Τεχνικοί Παραγωγής
ΦΙΛΙΠΠΟΣ ΛΟΥΒΑΡΗΣ
ΓΙΩΡΓΟΣ ΜΑΥΡΙΚΟΣ
ΧΡΗΣΤΟΣ ΧΡΗΣΤΟΓΙΩΡΓΟΣ

Διαφάνειες & Γραφικά
ΕΥΓΕΝΙΑ ΣΤΑΒΑΡΗ
ΜΑΡΙΟΣ ΠΑΡΙΣΗΣ

Εικονική Πραγματικότητα
3D animation - Computer Graphics

ADVENTURE SCIENCE CENTER
Nashville, Tennessee
ANDY GREGORY (producer)
KRIS McCALL (exec. producer)

ART FX
ΙΩΑΝΝΗΣ ΒΑΜΒΑΚΑΣ
Αθήνα

MUSEUM VICTORIA
Melbourne, Australia
MONICA ZETLIN (producer)
DERMOT EGAN
WARIK LAWRENCE
MATTHEW McCULLOUGH

NATIONAL SPACE CENTER
Leicester, UK
AARON BRADBURY
MAX CROW
PHILIP DAY
PAUL MOWBRAY
HUGH McGATHERN

Διεύθυνση Παραγωγής
ΠΑΝΑΓΙΩΤΗΣ ΣΙΜΟΠΟΥΛΟΣ
ΓΙΩΡΓΟΣ ΜΑΥΡΙΚΟΣ

ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΗ ΥΠΟΣΤΗΡΙΞΗ
ΠΛΑΝΗΤΑΡΙΟΥ

Διεύθυνση Λειτουργίας
ΓΙΑΝΝΗΣ ΑΠΟΣΤΟΛΙΔΗΣ
ΚΩΣΤΑΣ ΠΑΝΤΑΖΟΠΟΥΛΟΣ

Τεχνική Υποστήριξη i-werks
ΓΙΩΡΓΟΣ ΤΣΕΣΜΕΛΗΣ
ΛΟΥΚΑΣ ΑΡΜΠΙΛΙΑΣ
ΑΡΗΣ ΝΟΥΚΑΚΗΣ

Χειριστές - Τεχνικοί Πλανηταρίου
ΓΙΑΝΝΗΣ ΧΕΙΡΑΚΗΣ
ΔΩΡΟΘΕΟΣ ΓΙΔΟΠΟΥΛΟΣ

Γραμματεία - Κρατήσεις - Ταμείο
ΝΑΝΤΙΑ ΣΙΝΟΠΟΥΛΟΥ
ΣΠΥΡΙΔΟΥΛΑ ΧΑΛΙΚΙΟΠΟΥΛΟΥ
ΓΙΩΡΓΟΣ ΠΑΠΠΟΥΣ
ΤΑΡΣΙΤΣΑ ΧΡΗΣΤΙΔΗ
ΕΛΙΝΑ ΓΕΡΟΝΤΗ

Διεύθυνση Επικοινωνίας
ΓΛΥΚΕΡΙΑ ΑΝΥΦΑΝΤΗ

Δημόσιες Σχέσεις
ΕΥΗ ΓΑΡΔΙΚΗ
ΝΙΚΟΣ ΘΩΜΑΪΔΗΣ
ΠΕΝΥ ΘΩΜΟΠΟΥΛΟΥ
ΛΙΑ ΠΑΝΤΑΖΟΠΟΥΛΟΥ
ΝΑΥΣΙΚΑ ΠΟΛΕΝΑΚΗ
ΖΙΝΕΤ ΧΑΪΔΟΠΟΥΛΟΥ

Studio Ηχοληψίας
STARGAZER AUDIO
ΙΔΡΥΜΑΤΟΣ ΕΥΓΕΝΙΔΟΥ

Αναπαραγωγή Ήχου
6.1 SURROUND SOUND 40.000 w

Συστήματα Προβολής & Παρουσίασης
DIGITAL SKY 2
DIGITAL UNIVERSE
DIGISTAR 3

ΠΑΡΑΓΩΓΗ
ΙΔΡΥΜΑ ΕΥΓΕΝΙΔΟΥ
© 2009

ΕΝΔΕΙΚΤΙΚΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Ελληνική γλώσσα:

- Al - Khalili, Jim. Σκουληκότρυπες, μαύρες τρύπες και χρονομηχανές, 2001.
Couper, Heather. Μαύρες τρύπες, 1997.
Hawking, Stephen W. Μαύρες τρύπες, σύμπαντα - βρέφη και άλλα δοκίμια, 1993.
Hawking, Stephen W. Το χρονικό του χρόνου, 1997.
Νοβίκον, Igor. Οι μαύρες τρύπες και το σύμπαν, 1992.
Oxlade, Chris. Το μυστήριο που κρύβουν οι μαύρες τρύπες, 2004.
Δανέζης, Μάνος και Στράτος Θεοδοσίου. Το σύμπαν που αγάπησα, 2005.
Σιμόπουλος, Διονύσης. Κοσμική οδύσσεια, 2003.
Σιμόπουλος, Διονύσης. Μαύρες τρύπες, 2006.
Σιμόπουλος, Διονύσης. Ο θάνατος των άστρων, 1997.
Σιμόπουλος, Διονύσης. Το βίαιο σύμπαν, 2008.

Αγγλική γλώσσα:

- Arnett, David. Supernovae and nucleosynthesis, 1996.
Begelman, Mitchell. Gravity's fatal attraction, 1996.
Dauber, Philip M. The three big bangs, 1996.
Ferguson, Kitty. Prisons of light, 1996.
Gribbin, John. Stardust, 2000.
Hansen, C. J. Stellar interiors: physical principles, structure, and evolution, 1994.
Kippenhahn, Rudolf. Stellar structure and evolution, 1990 .
Kirshner, Robert P. The extravagant universe, 2004.
Luminet, Jean – Pierre. Black holes, 1992.
Maoz, Dan. Astrophysics in a nutshell, 2007.
Melia, Fulvio. The edge of infinity, 2003.
Murdin, Paul. End in fire, 1990.
Novikov, Igor Black holes and the universe, 1990.
Osterbrock, Donald E. Stars and galaxies, 1990.
Pickover, Clifford A. Black holes, 1996.
Schulz, Norbert S. From dust to stars: studies of the formation and early evolution of stars, 2005.
Taylor, R. J. The stars: their structure and evolution, 1994.
Taylor, Edwin F. Exploring black holes, 2000.
Thorne, Kip S. Black holes and time warps, 1994.
Wald, Robert M. Black holes and relativistic stars, 1998.