

# Η Μεγάλη Έκρηξη

Έντουιν Χαμπλ (1889–1953)

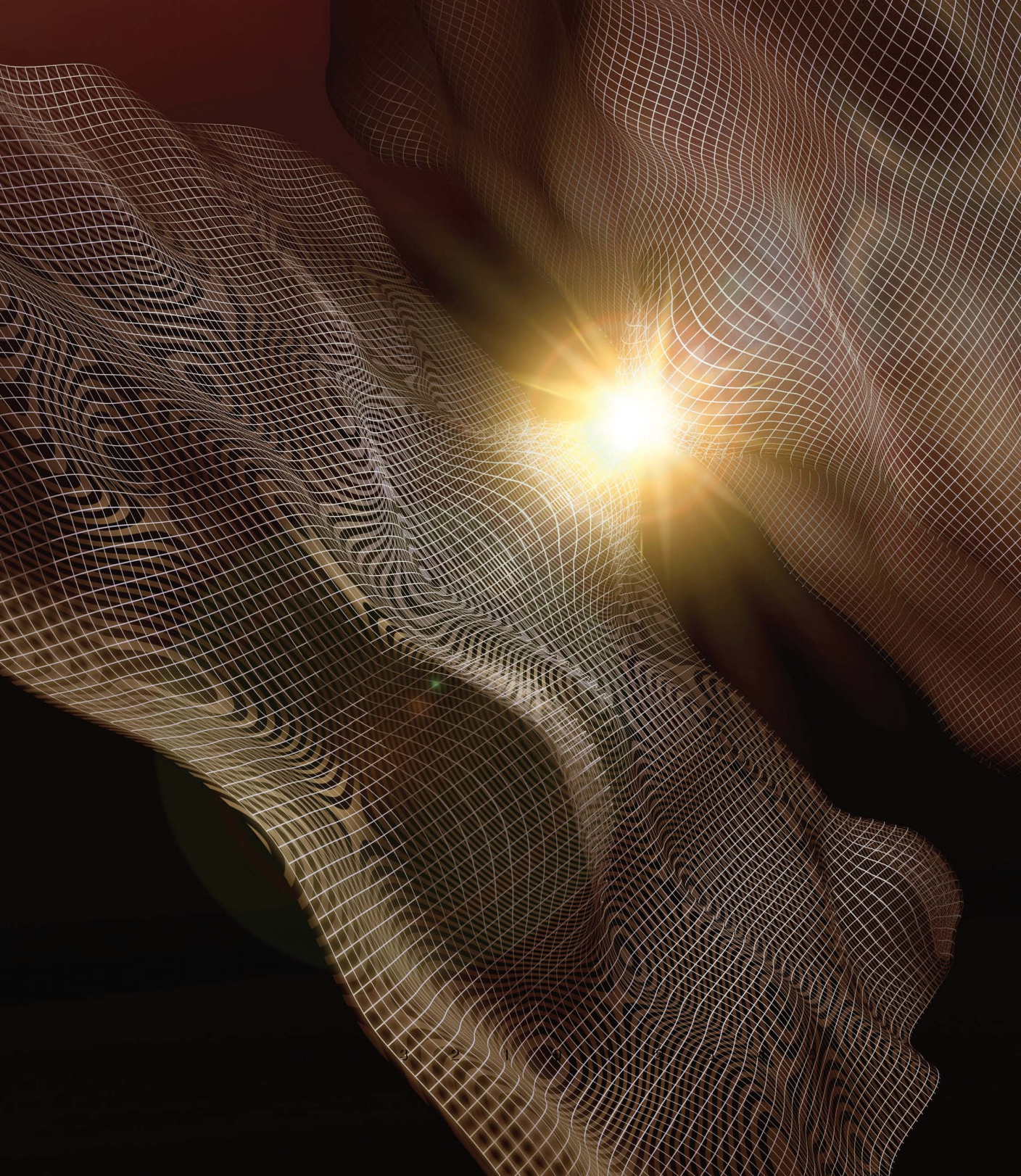
Δεν υπάρχει καλύτερο σημείο εκκίνησης της ιστορίας της αστρονομίας από την ίδια την αρχή – δηλαδή την *πραγματική απαρχή* του χώρου και του χρόνου. Οι αστρονόμοι του 20ού αιώνα, όπως ο Έντουιν Χαμπλ, ανακάλυψαν ότι το σύμπαν διαστέλλεται, παρατηρώντας ότι μεγάλης κλίμακας δομές, όπως οι γαλαξίες, απομακρύνονται η μία από την άλλη, σε όποια κατεύθυνση και αν κοιτάξουμε. Αυτό σημαίνει ότι στο παρελθόν το σύμπαν ήταν μικρότερο και ότι, κάποια στιγμή στο πολύ μακρινό παρελθόν, όλα ξεκίνησαν ως ένα μοναδικό σημείο χώρου και χρόνου: ως μία μαθηματική ανωμαλία. Μακροχρόνιες προσεκτικές παρατηρήσεις με το **διαστημικό τηλεσκόπιο Χαμπλ** και άλλα μέσα αποκάλυψαν ότι το σύμπαν γεννήθηκε κατά τη βίαιη έκρηξη αυτής της ανωμαλίας πριν από περίπου 13,7 δισεκατομμύρια χρόνια.

Οι λεπτομέρειες της θεωρίας της Μεγάλης Έκρηξης –όπως αποκλήθηκε αρχικά από τους αστρονόμους τη δεκαετία του 1930– ελέγχονται σχολαστικά εδώ και δεκαετίες με αστρονομικές παρατηρήσεις, εργαστηριακά πειράματα και μαθηματικά μοντέλα από κοσμολόγους και αστρονόμους, οι οποίοι εστιάζουν την έρευνά τους στην καταγωγή και στην εξέλιξη του σύμπαντος. Αυτό που μάθαμε για την πρώιμη ιστορία του σύμπαντος από αυτές τις μελέτες είναι εντυπωσιακό: το πρώτο δευτερόλεπτο της γέννησής του, η θερμοκρασία έπεσε από ένα εκατομμύριο δισεκατομμύρια βαθμούς σε «μόλις» δέκα δισεκατομμύρια βαθμούς και *όλη* η τωρινή ποσότητα πρωτονίων (ατόμων υδρογόνου) και νετρονίων του σύμπαντος προέκυψε από αυτό το αρχέγονο πλάσμα. Τη στιγμή που το σύμπαν έφτανε σε ηλικία μόλις τριών λεπτών, το ήλιο και άλλα ελαφρά στοιχεία είχαν ήδη δημιουργηθεί από το υδρογόνο μέσα από την ίδια διαδικασία **πυρηνικής σύντηξης** που λαμβάνει χώρα ακόμα και σήμερα στο εσωτερικό των αστεριών.

Είναι συναρπαστικό να σκεφτεί κανείς ότι τόσο ο χώρος όσο και ο χρόνος *δημιουργήθηκαν* σε μία και μοναδική στιγμή, πριν από 13,7 δισεκατομμύρια χρόνια. Τι προκάλεσε την έκρηξη; Τι υπήρχε πριν από τη Μεγάλη Έκρηξη; Οι κοσμολόγοι μάς λένε ότι και μόνο η διατύπωση αυτής της ερώτησης δεν είναι σωστή, καθώς ο ίδιος ο χρόνος δημιουργήθηκε κατά τη Μεγάλη Έκρηξη. Επίσης, δεν μπορούμε παρά να συνειδητοποιήσουμε με δέος ότι το στοιχείο που βρίσκεται σε μεγαλύτερη αφθονία στο σώμα μας –το υδρογόνο– σχηματίστηκε μέσα στο πρώτο δευτερόλεπτο της δημιουργίας. Είμαστε πανάρχαιοι!

**ΒΛΕΠΕ ΕΠΙΣΗΣ** Ο Νόμος του Χαμπλ (1929), Πυρηνική σύντηξη (1939), Διαστημικό τηλεσκόπιο Χαμπλ (1990).

*Η γραφική αναπαράσταση των απαρχών του σύμπαντος αποτελεί τόσο μεγάλη πρόκληση όσο και η προσπάθεια κατανόησής του! Εδώ, ένας καλλιτέχνης απεικόνισε ευφάνταστα την ιδέα ότι η Μεγάλη Έκρηξη προκλήθηκε από μια σύγκρουση με ένα άλλο τριδιάστατο σύμπαν, το οποίο υπήρχε κρυμμένο σε υψηλότερες διαστάσεις.*



# Η εποχή της επανασύνδεσης

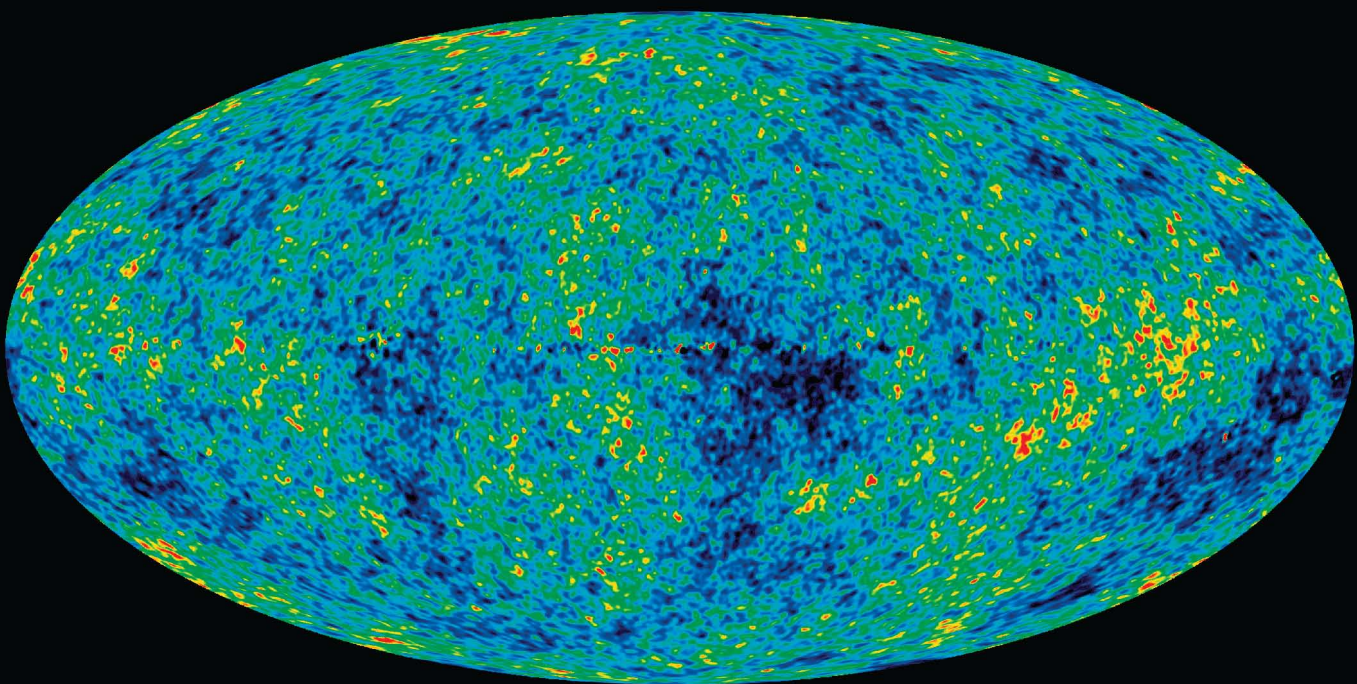
Τα πρώτα χρόνια της ζωής του σύμπαντος χαρακτηρίζονταν από πολύ υψηλές τιμές θερμοκρασίας, πίεσης και ακτινοβολίας. Όλος ο χώρος λουζόταν μέσα στο αρχέγονο φως εξαιρετικά ιονισμένων ατόμων και υποατομικών σωματιδίων, τα οποία αλληλεπιδρούσαν μεταξύ τους, συγκρούονταν, αποσυντίθεντο και επανασυνδέονταν σε θερμοκρασίες εκατομμυρίων βαθμών. Αυτή η περίοδος της κοσμικής ιστορίας αναφέρεται συχνά ως η εποχή της ακτινοβολίας. Όταν το σύμπαν έγινε περίπου 10.000 ετών, η διαστολή του χώρου και η αποσύνθεση πολλών ενεργητικών σωματιδίων είχε ψύξει τον κόσμο σε θερμοκρασία «μόλις» 12.000 Κέλβιν (τα Κέλβιν, ή K, είναι μια μονάδα μέτρησης της θερμοκρασίας πάνω από το απόλυτο μηδέν). Αυτό ήταν ένα σημαντικό ορόσημο, γιατί καθώς το σύμπαν συνέχιζε να ψύχεται, η συνολική ενέργεια από τη θερμότητα και την ιονίζουσα ακτινοβολία έγινε λιγότερη από τη συνολική επονομαζόμενη ενέργεια της μάζας ηρεμίας της ίδιας της ύλης, η οποία αποτυπώνεται στη διάσημη εξίσωση  $E = mc^2$  του φυσικού **Άλμπερτ Αϊνστάιν**. Ωστόσο, για εκατοντάδες χιλιάδες ακόμα χρόνια, το σύμπαν ήταν ουσιαστικά μόνο ένα αδιαφανές, πυκνό μείγμα υψηλής ενέργειας συνεχώς συγκρουόμενων πρωτονίων και ηλεκτρονίων. Αλλά καθώς η διαστολή και η ψύξη συνεχίζονταν, η ενέργεια ακτινοβολίας εξακολουθούσε να μειώνεται σε σύγκριση με την ενέργεια της μάζας ηρεμίας.

Περίπου 400.000 χρόνια μετά τη **Μεγάλη Έκρηξη**, η θερμοκρασία είχε πέσει σε μόνο μερικές χιλιάδες Κέλβιν – αρκετά χαμηλά για να επιτρέψει στα ηλεκτρόνια να δεσμευθούν (απιονιστούν) σχηματίζοντας σταθερά άτομα υδρογόνου και στους πολλαπλούς πυρήνες υδρογόνου να σχηματίσουν τα πρώτα μόρια του σύμπαντος: αέριο υδρογόνο ή  $H^2$ . Αυτή η περίοδος της πρώιμης ιστορίας του σύμπαντος είναι γνωστή ως η εποχή της επανασύνδεσης.

Το καλό με την επανασύνδεση είναι ότι επέτρεψε στην εναπομείνασα ακτινοβολία του σύμπαντος –κυρίως φωτόνια υψηλής ενέργειας και άλλα υποατομικά σωματίδια– να διαχωριστούν από την ύλη και τελικά να ταξιδέψουν, σχετικά ανενόχλητα, στον χώρο. Το σύμπαν έγινε πιο κρύο και πιο σκοτεινό τις επόμενες λίγες εκατοντάδες εκατομμύρια χρόνια, μια εποχή που οι κοσμολόγοι αποκάλεσαν «μεσαίωνα». Η εναπομείνασα ακτινοβολία 3 Κέλβιν της απελευθερωθείσας ενέργειας ακτινοβολίας του πρώιμου σύμπαντος, που είναι γνωστή ως **κοσμική μικροκυματική ακτινοβολία υποβάθρου**, μπορεί να ανιχνευθεί ακόμα και σήμερα.

**ΒΛΕΠΕ ΕΠΙΣΗΣ** Η Μεγάλη Έκρηξη (περ. 13,7 δισ. π.Χ.), Το «θαυματοουργό έτος» του Αϊνστάιν (1905), Κοσμική μικροκυματική ακτινοβολία υποβάθρου (1964), Η χαρτογράφηση της κοσμικής μικροκυματικής ακτινοβολίας υποβάθρου (1992), Η ηλικία του σύμπαντος (2001).

*Ο δορυφόρος WMAP (Wilkinson Microwave Anisotropy Probe) της NASA παρέχει αυτόν τον χάρτη του ουρανού, όπου φαίνεται η εναπομείνασα θερμότητα μετά την αρχική επέκταση του πρώιμου σύμπαντος. Οι μικρές διακυμάνσεις της θερμοκρασίας που φαίνονται εδώ –μόνο λίγες εκατοντάδες εκατομμυριοστά του ενός βαθμού– λειτούργησαν ως τα σπέρματα των πρώτων αστεριών και γαλαξιών στο σύμπαν.*



# Τα πρώτα αστέρια

Κάθε μεσαίωνα τελειώνει με μια Αναγέννηση, και η πρώτη ιστορία του σύμπαντος δεν αποτελεί εξαίρεση. Οι κοσμολόγοι πιστεύουν ότι ο λεγόμενος μεσαίωνα διήρκεσε περίπου 100 με 200 εκατομμύρια χρόνια, ύστερα από τα οποία το μοριακό υδρογόνο και άλλα μόρια που είχαν σχηματιστεί κατά την εποχή της επανασύνδεσης άρχισαν να έλκονται βαρυντικά το ένα από το άλλο συγκροτώντας μια συμπαγή μάζα – ίσως εξαιτίας του στροβιλισμού, αλλά κανείς δεν γνωρίζει το γιατί. Οι αέριες μάζες λειτούργησαν ως σπόροι, που είλκυαν βαρυντικά περισσότερο αέριο, με αποτέλεσμα να μεγαλώνουν ολοένα και περισσότερο, μέχρις ότου γίνουν τελικά τεράστια νέφη υδρογόνου, τα οποία άρχισαν να θερμαίνονται στο εσωτερικό τους λόγω της αυξανόμενης πίεσης του περιβάλλοντος αερίου. Αν προκαλούσαμε (δύναμε) μια ώθηση σε ένα νέφος –για παράδειγμα, λόγω της βαρυτικής έλξης ενός άλλου κοντινού νέφους– αυτό θα μετακινούνταν και τελικά θα άρχιζε να περιστρέφεται. Κάποια στιγμή, ίσως 300 με 400 εκατομμύρια χρόνια μετά τη Μεγάλη Έκρηξη, οι θερμοκρασίες στο κέντρο ορισμένων από αυτά τα τεράστια, αργά περιστρεφόμενα νέφη αερίων αυξήθηκαν σε εκατομμύρια βαθμούς, όπως τα τρία πρώτα λεπτά μετά τη Μεγάλη Έκρηξη. Οι θερμοκρασίες και οι πιέσεις στο εσωτερικό αυτών των σφαιρικών νεφών αυξήθηκαν σε τέτοιο βαθμό, ώστε να συντηχθεί το υδρογόνο σε ήλιο, με αποτέλεσμα να γεννηθούν τα πρώτα αστέρια. Ο μεσαίωνα είχε παρέλθει!

Ωστόσο, τα πρώτα αστέρια, που μερικές φορές αποκαλούνται από τους αστρονόμους αστέρια Πληθυσμού III, ήταν κάτι περισσότερο από παράξενα τοπικά φαινόμενα. Ήταν τεράστια –με μάζα ίσως εκατό με χίλιες φορές μεγαλύτερη από εκείνη του Ηλίου μας– και ασκούσαν μια πολύ μεγάλη επίδραση στην αστρική γειτονιά τους, ακτινοβολώντας τεράστιες ποσότητες ενέργειας στις περιβάλλουσες μάζες και στα νέφη υδρογόνου, θερμαίνοντάς τα εξωτερικά, και απελευθερώνοντας τα ηλεκτρόνια που είχαν δεσμευθεί στην αρχή του μεσαίωνα. Αυτή η περίοδος είναι γνωστή ως η εποχή του επανιονισμού, γιατί το σύμπαν άρχισε για άλλη μια φορά να λάμπει – όχι λόγω του φωτός και της θερμότητας της δημιουργίας, αλλά, όπως και σήμερα, από το φως και τη θερμότητα των αστεριών.

**ΒΛΕΠΕ ΕΠΙΣΗΣ** Η Μεγάλη Έκρηξη (περ. 13,7 δισ. π.Χ.), Η εποχή της επανασύνδεσης (περ. 13,7 δισ. π.Χ.), Η σχέση μάζας-φωτεινότητας του Έντινγκτον (1924), Πυρηνική σύντηξη (1939).

*Σε αυτή την προσομοίωση υπερυπολογιστή, φυσαλίδες ιονισμένου υδρογόνου (μπλε) και νέφη μοριακού υδρογόνου (πράσινο) σχηματίζουν τις πρώτες οργανωμένες δομές μεγάλης κλίμακας στο πρώιμο σύμπαν, οι οποίες τελικά κατέρρευσαν δημιουργώντας τα πρώτα αστέρια.*