

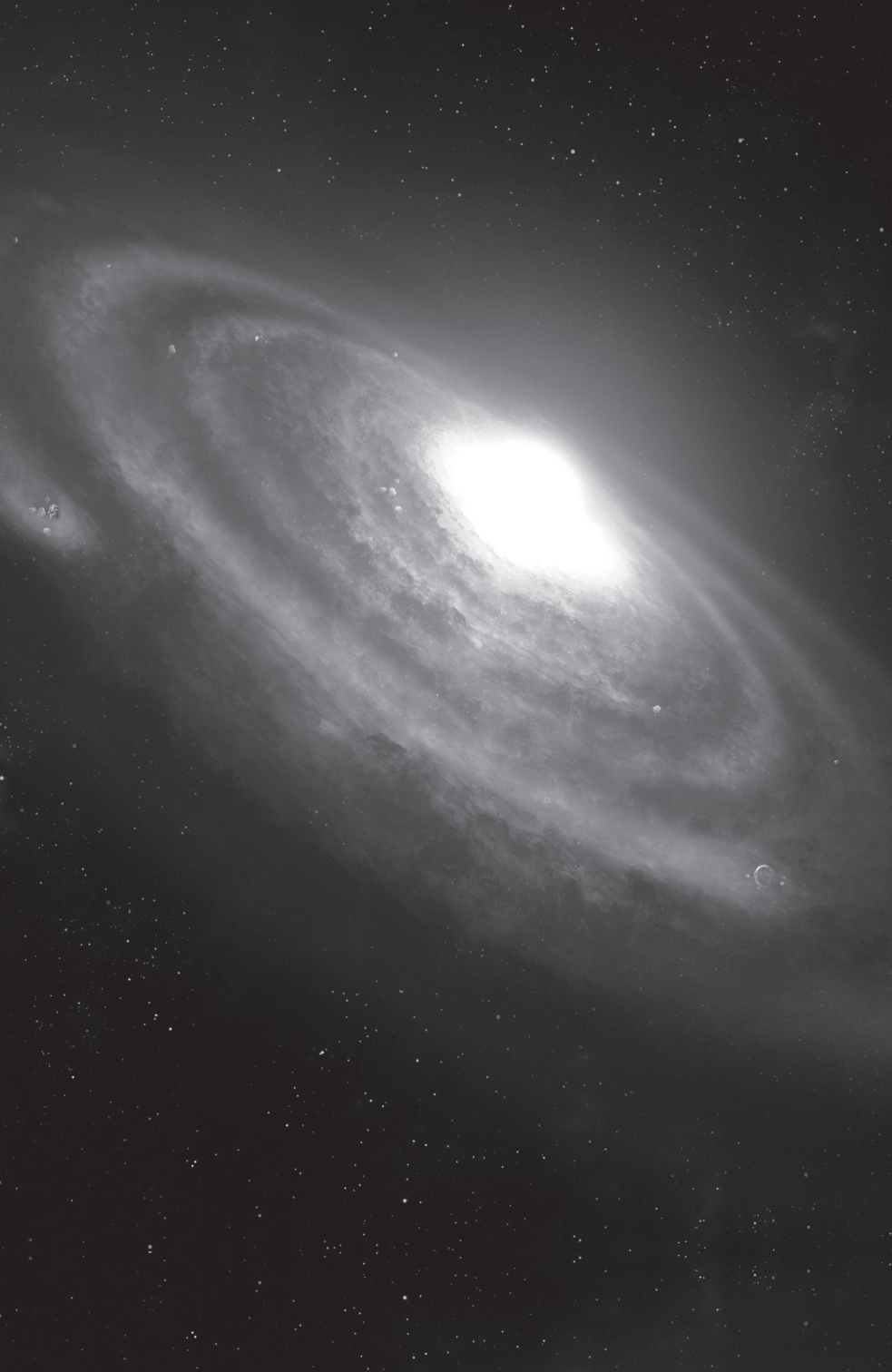
DAVID BERCOVICI

Η ΠΡΟΕΛΕΥΣΗ ΤΩΝ ΠΑΝΤΩΝ

ΜΕΤΑΦΡΑΣΗ
ΝΙΚΟΣ ΑΠΟΣΤΟΛΟΠΟΥΛΟΣ

 ΕΚΔΟΣΕΙΣ
ΠΑΤΑΚΗ

Η ΠΡΟΕΛΕΥΣΗ ΤΩΝ ΠΑΝΤΩΝ



DAVID BERCOVICI

Η προέλευση των πάντων

ΜΕΤΑΦΡΑΣΗ

Νίκος Αποστολόπουλος

Το παρόν έργο πνευματικής ιδιοκτησίας προστατεύεται κατά τις διατάξεις της ελληνικής νομοθεσίας (Ν. 2121/1993 όπως έχει τροποποιηθεί και ισχύει σήμερα) και τις διεθνείς συμβάσεις περί πνευματικής ιδιοκτησίας. Απαγορεύεται απολύτως άνευ γραπτής αδείας του εκδότη η κατά οποιονδήποτε τρόπο ή μέσο (ηλεκτρονικό, μηχανικό ή άλλο) αντιγραφή, φωτοανατύπωση και εν γένει αναπαραγωγή, εκμίσθωση ή δανεισμός, μετάφραση, διασκευή, αναμετάδοση στο κοινό σε οποιαδήποτε μορφή και η εν γένει εκμετάλλευση του συνόλου ή μέρους του έργου.

Εκδόσεις Πατάκη – Θετικές Επιστήμες για το ευρύ κοινό

David Bercoici, *Η προέλευση των πάντων*

Τίτλος πρωτοτύπου: *The Origins of Everything in 100 Pages*
(*more or less*)

Μετάφραση: Νίκος Αποστολόπουλος

Υπεύθυνη έκδοσης: Υβόνη Καρύδη

Διορθώσεις: Ευαγγελία Δάλκου

Σελιδοποίηση: Παναγιώτης Βογιατζάκης

Φιλμ, μοντάζ: Μαρία Ποινιού-Ρένεση

Copyright© David Bercoici, 2016

Copyright© για την ελληνική γλώσσα Σ. Πατάκης ΑΕΕΔΕ

(Εκδόσεις Πατάκη), 2016

Πρώτη έκδοση στην αγγλική γλώσσα από τις εκδόσεις Yale

University Press, Ηνωμένες Πολιτείες Αμερικής, 2016

Πρώτη έκδοση στην ελληνική γλώσσα από τις Εκδόσεις Πατάκη,

Αθήνα, Δεκέμβριος 2017

KET A726 ΚΕΠ 820/17

ISBN 978-960-16-7350-9



ΠΑΝΑΓΗ ΤΣΑΛΔΑΡΗ (ΠΡΩΗΝ ΠΕΙΡΑΙΩΣ) 38, 104 37 ΑΘΗΝΑ,

ΤΗΛ.: 210.36.50.000, 210.52.05.600, 801.100.2665, ΦΑΞ: 210.36.50.069

ΚΕΝΤΡΙΚΗ ΔΙΑΘΕΣΗ: ΕΜΜ. ΜΠΕΝΑΚΗ 16, 106 78 ΑΘΗΝΑ, ΤΗΛ.: 210.38.31.078

ΥΠΟΚΑΤΑΣΤΗΜΑ: ΚΟΡΙΝΘΟΣ (ΤΕΡΜΑ ΠΟΝΤΟΥ - ΠΕΡΙΟΧΗ Β' ΚΤΕΟ),

570 09 ΚΑΛΟΧΩΡΙ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ, ΤΗΛ.: 2310.70.63.54, 2310.70.67.15, ΦΑΞ: 2310.70.63.55

Web site: <http://www.patakis.gr> • e-mail: info@patakis.gr, sales@patakis.gr

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Πρόλογος	9
1	
Το Σύμπαν και οι γαλαξίες	17
2	
Άστρα και στοιχεία	43
3	
Το ηλιακό σύστημα και οι πλανήτες	65
4	
Οι ήπειροι και το εσωτερικό της Γης	101
5	
Οι ωκεανοί και η ατμόσφαιρα	143
6	
Κλίμα και κατοικησιμότητα	173
7	
Ζωή	215
8	
Άνθρωποι και πολιτισμός	251
Πρόσθετες πηγές	277
Ευχαριστίες	289
Ευρετήριο	293

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Την ιστορία του Σύμπαντος είναι μάλλον προτιμότερο να την αφηγούμαστε αντίστροφα. Όχι φυσικά να τη γράφουμε αντίστροφα στο χαρτί, αλλά να την αφηγούμαστε με αντίστροφη χρονολογική σειρά. Το ιδιαίτερο ενδιαφέρον που όλοι δείχνουμε για τη στιγμή της δημιουργίας, εξετάζοντάς την είτε από θρησκευτική είτε από επιστημονική σκοπιά, πηγάζει ακριβώς από την περιέργειά μας για το πώς φτάσαμε εδώ που βρισκόμαστε σήμερα. Εάν ξεκινήσουμε από το παρόν και διασχίσουμε προς τα πίσω τα 7.000 χρόνια της καταγεγραμμένης ιστορίας του ανθρώπου, θα φτάσουμε σε ένα σημείο απ' όπου θα ατενίζουμε επτά ακόμα εκατομμύρια χρόνια μέχρι την αυγή της ανθρωπότητας. Όσο τρομακτικά μεγάλος κι αν μοιάζει αυτός ο χρόνος, από εκεί μας χωρίζουν άλλα 600 εκατομμύρια χρόνια από τη στιγμή που εμφανίστηκαν τα ζώα, άλλα 3 δισεκατομμύρια χρόνια από τις απαρχές της ίδιας της ζωής

και κάτι λιγότερο από ένα δισεκατομμύριο χρόνια από τη γένεση του πλανήτη και του ηλιακού συστήματός μας. Αλλά και σε αυτό ακόμη το σημείο απέχουμε 9 δισεκατομμύρια χρόνια από την αυγή του χρόνου. Εάν μπορούσαμε να αναπαραγάγουμε αντίστροφα την ιστορία του Σύμπαντος μέσα σε μια χρονική διάρκεια 24 ωρών, σαν να θέλαμε να γυρίσουμε μια βάνουσα μακροσκελή πειραματική κινηματογραφική ταινία, τότε η ανθρώπινη ιστορία θα είχε ολοκληρωθεί μέσα στα πρώτα 4 εκατοστά του δευτερολέπτου, προτού καν προλάβουν να περάσουν οι τίτλοι. Τα πρώτα ζώα θα εμφανίζονταν ακριβώς μετά από μία ώρα. Μετά θα χρειαζόταν να περιμένουμε 7 ακόμα ώρες για να δούμε τον σχηματισμό της Γης και του ηλιακού συστήματος, και στη συνέχεια ακόμα 16 αγωνιώδεις ώρες για να φτάσουμε στην αρχή του Σύμπαντος.

Ωστόσο, όσο δελεαστικό κι αν είναι να αφηγείσαι αντίστροφα την ιστορία του Σύμπαντος, η χρονολογική σειρά βοηθάει, όταν μάλιστα, όσον αφορά τον χρόνο, έχουμε συνηθίσει να σκεφτόμαστε και να ζούμε κινούμενοι προς τα μπροστά. Στο ανά χείρας σύντομο βιβλίο θα αφηγηθώ όλη αυτή την ιστορία ακολουθώντας έναν επιταχυνόμενο ρυθμό, όχι μέσα σε 24 ώρες (αν και αυτό εξαρτάται από σένα, αγαπητέ αναγνώστη), αλλά με έναν τρόπο μάλλον «του ποδαριού», αφηγούμενος μόνο την ιστορία των σημαντικών γεγονότων. Το βιβλίο καλύπτει τα σημαντικότερα επιτεύγματα του Σύμπαντος και εξι-

στορεί το πότε και κυρίως το πώς αναδύθηκαν τα διάφορα τμήματά του. Η έννοια της «προέλευσης» είναι βαθιά ριζωμένη στην ίδια την επιστήμη: δεν αναφέρεται σε μύθους ή μισοαληθινές ιστορίες, αλλά στις βασικές επιστημονικές υποθέσεις που έχουν διατυπωθεί για το πώς άρχισαν να υπάρχουν τα πράγματα. Και η διαφορά ανάμεσα σε μια μισοαληθινή ιστορία και μια υπόθεση είναι ζωτικής σημασίας: όσοι εργάζονται στον τομέα της έρευνας μπορούν να διαψεύσουν μια υπόθεση μέσω του πειράματος και της παρατήρησης, αφού στηριζόμενοι σε μια υπόθεση μπορούν να διατυπώσουν μετρήσιμες προβλέψεις. Η ελέγξιμη υπόθεση είναι ίσως ο θεμελιωδέστερος κανόνας της επιστήμης, και μολονότι μπορεί και να μη σας πολυενδιαφέρει, ελπίζω να πάρετε μια γεύση για το πόσο σημαντική είναι μέσα από τις ακόλουθες ιστορίες για την προέλευση των πραγμάτων. Μην ανησυχείτε πάντως: δε θα είναι πολύ βαριά.

Να σημειώσω σε αυτό το σημείο ότι το βιβλίο προέκυψε από τη διδασκαλία μιας προπτυχιακής σειράς μαθημάτων στο Πανεπιστήμιο Γέιλ με τον μετριοπαθή τίτλο «Η προέλευση των πάντων», στόχος της οποίας ήταν οι φοιτητές να διδαχθούν επιστήμη μέσα από αυτές τις «μεγάλες» ελέγξιμες υποθέσεις. Μολονότι το υλικό του βιβλίου έχει προσαρμοστεί ώστε να απευθύνεται στο ευρύ κοινό, πάγια άποψή μου είναι ότι δεν πρέπει κανείς να νερώνει πολύ την επιστήμη. Ωστόσο, θα κάνω ό,τι

καλύτερο μπορώ ώστε να μην μπερδέψω τον αναγνώστη με δυσνόητους όρους, όπου δε αυτοί οι όροι είναι απαραίτητοι, θα προσπαθήσω να τους εξηγήσω.

Αν και όσα ακολουθούν είναι απλώς ιστορίες περί προέλευσης, αυτές δεν είναι τυχαίες ούτε ανεξάρτητες μεταξύ τους. Καθεμιά εξαρτάται από την προηγούμενη και εκβάλλει στην επόμενη. Η ζωή αντλεί τα δομικά στοιχεία της από τον αέρα, τη θάλασσα και τα πετρώματα του πλανήτη μας, ο οποίος με τη σειρά του προήλθε από τη μεσοαστρική σκόνη. Τα στοιχεία της σκόνης σφυρηλατήθηκαν σε γιγαντιαία άστρα, τα οποία με τη σειρά τους προέκυψαν από το αέριο που δημιουργήθηκε με τη Μεγάλη Έκρηξη. Η θέση του πλανήτη μας, ο τρόπος με τον οποίο σχηματίστηκαν και μεταβάλλονται οι ωκεανοί, η ατμόσφαιρα και το εσωτερικό του, όλα αυτά ευθύνονται για τη διατήρηση και την εξέλιξη της πολύπλοκης ζωής εδώ και εκατοντάδες εκατομμύρια χρόνια.

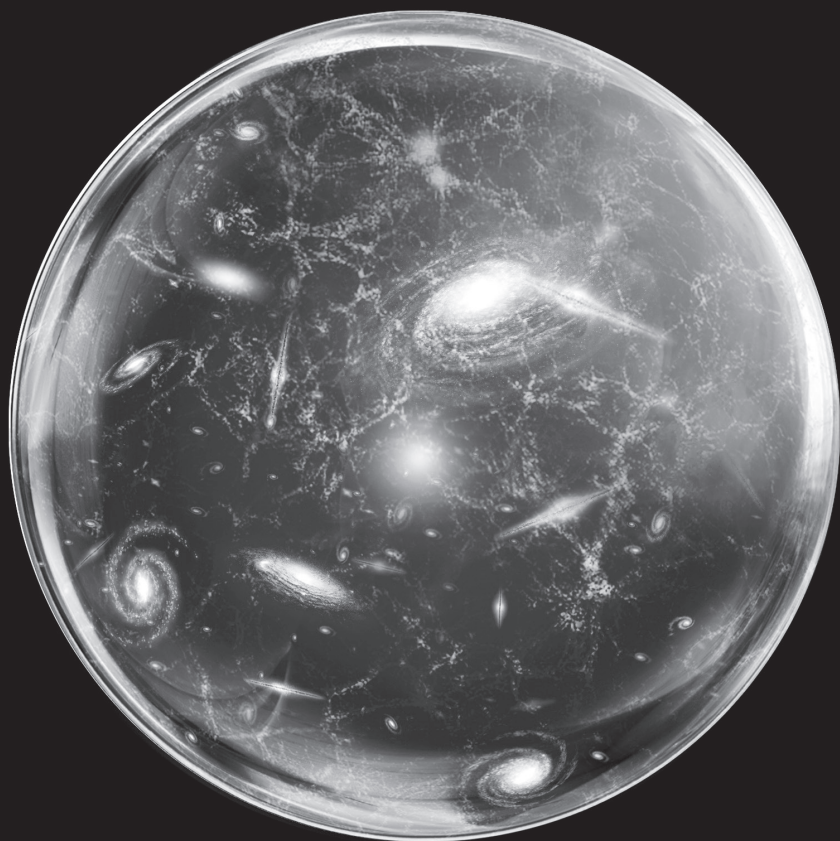
Φυσικά, ως επιστήμονας που έχει διεξαγάγει έρευνα όσον αφορά αρκετά από τα θέματα που καλύπτονται εδώ (αν και σίγουρα όχι όλα), θα δώσω έμφαση σε κάποια σταθερά μοτίβα και συνδέσεις μεταξύ των ιστοριών περί προέλευσης από τη μοναδική οπτική γωνία ενός γεωφυσικού — ή, για να είμαι πιο ειλικρινής, από τη μεροληπτική οπτική γωνία ενός γεωφυσικού. Όπως αντιλαμβάνονται και οι φοιτητές μου, οι τεκτονικές πλάκες παίζουν σημαντικότερο ρόλο σε όλο αυτό το αφήγημα, κι αν

μπορούσα να δω πώς θα τις καθιστούσα υπεύθυνες ακόμα και για τη Μεγάλη Έκρηξη, να είστε σίγουροι ότι θα το έκανα (υπάρχει ωστόσο ένα ενοχλητικό πρόβλημα με τις χρονολογίες...). Έχουν γραφτεί εξαιρετικά βιβλία, πολύ πιο περιεκτικά από αυτό που κρατάτε στα χέρια σας, για την ιστορία του Σύμπαντος και της ζωής, τα οποία και παραθέτω και συνιστώ στο τέλος του βιβλίου να τα διαβάσετε. Στόχος του παρόντος βιβλίου δεν είναι να εμβραθύνει στα πάντα, αλλά απεναντίας να είναι προκλητικά ρηχό και επιφανειακό, με την καλή έννοια αυτών των όρων... εάν υπάρχει τέτοια. Στόχος μου είναι να προσφέρω μια γρήγορη και, ελπίζω, εύπεπτη επισκόπηση των πραγμάτων, από την οποία θα πάρετε μια γεύση για την ιστορία του Σύμπαντος (και, έως έναν βαθμό, για τη θέση της ανθρωπότητας σε αυτή την ιστορία), και κυρίως να γεννήσω σε σένα, αναγνώστη, την επιθυμία να μάθεις περισσότερα.

Δήλωση αποποίησης ευθύνης: Δεδομένου του εύρους των θεμάτων τα οποία πραγματεύεται το μικρό αυτό βιβλίο, μπορεί κανείς να παραπλανηθεί και να πιστέψει ότι είμαι ειδικός σε όλα όσα αφηγούμαι. Αν και θα αισθανόμουν υπέροχα αν ίσχυε κάτι τέτοιο, σας λέω με κάθε ειλικρίνεια ότι δεν είμαι. Οι όποιες γνώσεις μου οφείλονται στο γεγονός ότι ασχολήθηκα μέχρι ενός σημείου με την πληθώρα αυτών των θεμάτων γιατί διδάσκω στο πανεπιστήμιο τα τε-

λευταία 30 χρόνια, αλλά σε καμία περίπτωση δεν είμαι ούτε αστρονόμος, ούτε βιολόγος, ούτε ανθρωπολόγος. Προφανώς θέματα που έχουν μεγαλύτερη συνάφεια με το επιστημονικό αντικείμενό μου —τη γεωφυσική και την πλανητική επιστήμη— τα πραγματεύομαι πιο διεξοδικά. Έχοντας αυτά κατά νου ο αναγνώστης δε θα πρέπει να θεωρήσει αυτό το βιβλίο την τελευταία λέξη σε όλα τα θέματα με τα οποία καταπιάνεται. Το βιβλίο μοιάζει περισσότερο με ένα πιάτο-δείγμα σε ένα εστιατόριο με μεικτή κουζίνα του οποίου ο σεφ είναι περισσότερο γνωστός για τα λιγκουίνι του.

Η προέλευση των πάντων



ΤΟ ΣΥΜΠΑΝ ΚΑΙ ΟΙ ΓΑΛΑΞΙΕΣ

Ο χρόνος ξεκινά με μια κολοσσιαία έκρηξη, τόσο μεγάλη που δεν μπορεί να τη συλλάβει ανθρώπινος νους — υπάρχει ωραιότερος τρόπος να ξεκινήσει κανείς μια ιστορία; Ωστόσο, το εάν εκείνη η πρώτη στιγμή σηματοδότησε τη δημιουργία του Σύμπαντος ή τη δημιουργία της Γης παρέμενε άγνωστο μέχρι σχετικά πρόσφατα, και συγκεκριμένα μέχρι τον προηγούμενο αιώνα. Η Βίβλος, για παράδειγμα, ξεκινά με τη φράση «Στην αρχή ο Θεός δημιούργησε τον Ουρανό και τη Γη», ένα γεγονός το οποίο σύμφωνα με τον Ιρλανδό επίσκοπο του δέκατου έβδομου αιώνα Τζέιμς Άσσερ χρονολογείται ακριβώς στις 23 Οκτωβρίου του έτους 4004 π.Χ.

Όχι όμως πολύ προτού ο Άσσερ προβεί στις συγκεκριμένες διαπιστώσεις, διάφοροι επιφανείς φιλόσοφοι της Αναγέννησης είχαν διατυπώσει τη ριζοσπαστική άποψη ότι ο χρόνος δεν είχε αρχή.

Ένας από τους πιο γνωστούς μεταξύ αυτών, κυρίως εξαιτίας του μαρτυρικού θανάτου του, ήταν ο Τζιορντάνο Μπρούνο, Ιταλός Δομινικανός μοναχός και λόγιος του δέκατου έκτου αιώνα. Ο Μπρούνο υποστήριζε την αμφιλεγόμενη τότε θεωρία του Κοπέρνικου, σύμφωνα με την οποία η Γη δεν αποτελούσε το κέντρο του Σύμπαντος αλλά αντιθέτως περιφερόταν γύρω από τον Ήλιο. Ισχυριζόταν μάλιστα ότι ακόμη και ο Ήλιος ήταν απλώς ένα άστρο σαν όλα τα άλλα άστρα του νυχτερινού ουρανού, καθένα από τα οποία έχει τους δικούς του πλανήτες. Αλλά το σημαντικότερο (σε ό,τι μας αφορά τουλάχιστον) ήταν ότι ο Μπρούνο πίστευε πως το Σύμπαν ήταν αμετάβλητο, με άπειρη ηλικία και έκταση. Μολονότι ο Μπρούνο δεν ήταν ο πρώτος μελετητής στην Ευρώπη που υποστήριζε αυτές τις απόψεις, η Καθολική Εκκλησία τις θεώρησε αιρετικές (όπως και κάποιες άλλες ιδέες πιο προσβλητικές από θρησκευτική άποψη, όσον αφορά, για παράδειγμα, τη θεία φύση του Ιησού Χριστού και την αξία της μετουσίωσης). Τελικά συνελήφθη στη Βενετία, δικάστηκε, εκδόθηκε στη Ρώμη και εκεί δικάστηκε εκ νέου. Ήταν ένας θερμοκέφαλος και σαρκαστικός άνθρωπος, και αρνήθηκε να αναιρέσει όσα είχε γραπτώς ισχυριστεί, εκτός εάν ο Πάπας ή ο ίδιος ο Θεός ερχόταν να του πει ότι έκανε λάθος. Κανείς, βέβαια, από τους δύο δε συμφώνησε, κι έτσι ο Μπρούνο οδηγήθηκε στην πυρά την πρώτη Τετάρτη της Σαρακοστής του 1600 στο Κάμπο ντε Φιόρι της Ρώ-

μης, όπου σήμερα ένα άγαλμά του αγριοκοιτάζει τους ξέγνοιαστους τουρίστες που ξεκουράζονται στα πολλά καφέ της πλατείας.

Ευτυχώς οι επιστήμονες σήμερα σπανίως καταλήγουν στην πυρά για τις ιδέες τους (τουλάχιστον όχι κυριολεκτικά). Όταν επισκέφτηκα κάποτε τη Ρώμη, ένας συνάδελφός μου κι εγώ σταθήκαμε μπροστά στο επιβλητικό άγαλμα του Μπρούνο και στοχαστήκαμε αν θα αρνούμασταν τα επιστημονικά γραπτά μας σε περίπτωση που βρισκόμασταν αντιμέτωποι με την ποινή του θανάτου, όπως συνέβη στον Γαλιλαίο 33 χρόνια μετά τη δίκη του Μπρούνο. Ύστερα από λίγο, και, για να είμαι ειλικρινής, αφού ξεσπάσαμε σε γέλια, συμφωνήσαμε ότι φυσικά και θα το κάναμε, χωρίς δεύτερη κουβέντα. Πέρα από το γεγονός ότι και τους δυο μας μας τρομάζει η ιδέα —και η σκέψη να πεθάνουμε για όλα εκείνα τα γραπτά τα οποία κανείς δεν έχει διαβάσει—, βρισκόμαστε σήμερα πλέον στην πλεονεκτική θέση να γνωρίζουμε ότι η κακή επιστήμη πεθαίνει με τους γεννήτορές της, όχι όμως και η καλή επιστήμη. Εάν οι επιστημονικές απόψεις μας πέθαιναν μαζί με μας, τότε αυτό θα ήταν πιθανότατα το τέλος που τους άξιζε. Όμως ο Μπρούνο θυσίασε τη ζωή του για τα πιστεύω του, κι έτσι έγινε ένας από τους διασημότερους μάρτυρες της επιστήμης. Και, τελικά, οι απόψεις του αναγνωρίστηκαν ως εξαιρετικά προφητικές, και ιδίως η ιδέα του ότι η Γη είναι απλώς ένας από τους πολλούς κόσμους που περι-

φέρονται γύρω από ένα από τα πολλά αστέρια μέσα σε ένα πελώριο και πανάρχαιο Σύμπαν.

Οι απόψεις του Μπρούνο ότι το Σύμπαν έχει άπειρη ηλικία και έκταση είναι, ωστόσο, εσφαλμένες, και ο χρόνος φαίνεται να έχει πράγματι μια αρχή. Η απλούστερη ένδειξη που συνηγορεί υπέρ αυτής της άποψης είναι η σκοτεινότητα του νυχτερινού ουρανού. Εάν ζούσαμε σε ένα Σύμπαν με άπειρη ηλικία και έκταση, τότε κάθε απειροστό κομμάτι του νυχτερινού ουρανού θα έκρυβε ένα αστέρι, το δε φως όλων αυτών των άστρων θα είχε άφθονο χρόνο να φτάσει ως εμάς· συνεπώς ολόκληρος ο ουρανός θα έπρεπε να είναι κατάφωτος με αστρικό φως. Μολονότι τόσο ο Γερμανός μαθηματικός Γιοχάννες Κέπλερ όσο και ο Άγγλος μελετητής Τόμας Ντιτς (και οι δύο σύγχρονοι του Μπρούνο) επισήμαναν το παράδοξο του νυχτερινού ουρανού, αυτό πήρε τελικά το όνομα του αρκετά μεταγενέστερου Γερμανού αστρονόμου Χάινριχ Βίλχελμ Όλμπερς, ο οποίος έζησε στα τέλη του δέκατου όγδοου και στις αρχές του δέκατου ένατου αιώνα. Η λύση στο παράδοξο του Όλμπερς δόθηκε από τον Βρετανό φυσικό Γουίλλιαμ Τόμσον (19ος-20ός αι.), γνωστό και ως Λόρδο Κέλβιν, ενώ στην ίδια λύση κατέληξε ακόμη και ο διάσημος Αμερικανός συγγραφέας Έντγκαρ Άλλαν Πόε: συγκεκριμένα, σύμφωνα με αυτή τη λύση, το Σύμπαν έχει πεπερασμένη ηλικία (συνεπώς, το φως των μακρινών άστρων μπορεί να μην έχει φτάσει ακόμα ως εμάς) ή πεπερασμένη έκταση (δηλαδή,

δεν κρύβονται άστρα σε κάθε σημείο του ουρανού), ή ισχύουν και τα δύο. Αυτή είναι μία από τις πρώτες και σημαντικότερες ενδείξεις που οδήγησαν τελικά στην υπόθεση της Μεγάλης Έκρηξης, αφού σύμφωνα με αυτήν το Σύμπαν ξεκίνησε κάποια στιγμή στο παρελθόν και/ή όχι ταυτόχρονα παντού.

Τη δεκαετία του 1920 ο Αμερικανός αστρονόμος Έντγουιν Χαμπλ έδειξε χρησιμοποιώντας το τηλεσκόπιό του ότι υπάρχουν και άλλοι γαλαξίες εκτός από τον δικό μας Γαλαξία, ο οποίος μέχρι τότε θεωρούνταν ότι συνιστά ολόκληρο το πεπερασμένο και στατικό Σύμπαν μας. Ο Χαμπλ υπολόγισε τις αποστάσεις των γαλαξιών χρησιμοποιώντας παλλόμενους μεταβλητούς αστέρες, τους λεγόμενους Κηφείδες, των οποίων η περίοδος μεταβολής της φωτεινότητας (ο χρόνος μεταξύ δύο παλμών) και η μέση φωτεινότητα (η ολική ισχύς που εκπέμπεται υπό τη μορφή φωτός) υπόκεινται σε μια απλή σχέση. Το χαρακτηριστικό αυτό τους καθιστά βολικά σημεία αναφοράς για τη βαθμονόμηση των αποστάσεων: δύο Κηφείδες με τον ίδιο παλμό έχουν την ίδια φωτεινότητα, οπότε, εάν ένας από αυτούς φαίνεται αμυδρότερος από τον άλλον, τότε πρέπει να βρίσκεται πιο μακριά, και μάλιστα με έναν μετρήσιμο τρόπο (εφόσον η μείωση της φωτεινότητας σχετίζεται με το τετράγωνο της απόστασής του). Συνεπώς από τους Κηφείδες υπολογίζουμε την απόσταση των γαλαξιών στους οποίους ανήκουν. Ο Χαμπλ βρήκε επίσης πως το φως ενός γαλαξία

μετατοπίζεται όλο και περισσότερο προς το ερυθρό όσο αυξάνεται η απόσταση. Το ερυθρό φως έχει τη μεγαλύτερη περίοδο και το μεγαλύτερο μήκος κύματος από όλα τα κύματα του ορατού φωτός. Η ερυθρή μετατόπιση του φωτός, όπως ονομάζεται, είναι ένα φαινόμενο παρόμοιο με τη μείωση της συχνότητας των ηχητικών κυμάτων που εκπέμπει ένα ασθενοφόρο (ή την αύξηση του μήκους κύματός τους), όταν το ασθενοφόρο απομακρύνεται από τη δική μας θέση. Το μετατοπισμένο προς το ερυθρό φως των γαλαξιών αποκαλύπτει πως όσο πιο μακριά από εμάς βρίσκονται, τόσο πιο γρήγορα απομακρύνονται, και αυτό σημαίνει ότι οι γαλαξίες στο σύνολό τους απομακρύνονται ο ένας από τον άλλον και εκτείνονται προς τα έξω.

Ακόμα και προτού ο Χαμπλ διαπιστώσει ότι οι γαλαξίες, στο σύνολό τους, απομακρύνονται ο ένας από τον άλλον, ο Βέλγος αστρονόμος Ζορζ Λεμαίτρ και ο Ρώσος φυσικός και μαθηματικός Αλεξάντερ Φρίντμαν είχαν προβλέψει, ανεξάρτητα ο ένας από τον άλλον, ότι το Σύμπαν διαστέλλεται. Και οι δύο χρησιμοποίησαν στους υπολογισμούς τους τη γενική θεωρία της σχετικότητας του Αϊνστάιν, αν και ο ίδιος ο Αϊνστάιν είχε απορρίψει αρχικά τα συμπεράσματά τους (τα αποδέχτηκε αργότερα). Όμως με τις παρατηρήσεις του Χαμπλ απέκτησαν τις ενδείξεις τις οποίες χρειαζόνταν προκειμένου να στηρίξουν τις ιδέες τους για το διαστελλόμενο Σύμπαν.

Εάν το Σύμπαν έχει πεπερασμένη ηλικία και

έκταση και διαστέλλεται, τότε —αν αναπαράγαυ-
 με αντίστροφα τη διαστολή του— όλη η μάζα του
 και όλη η ενέργειά του θα πρέπει να ήταν αρχικά
 συγκεντρωμένες σε έναν πολύ πιο μικρό και θερμό
 όγκο, σε ό,τι ο Λεμαίτρ αποκαλεί «κοσμικό αυγό». Η
 αρχική διαστολή της συγκεκριμένης μάζας, στις
 απαρχές του Σύμπαντος, ονομάστηκε, ειρωνικά,
 Μεγάλη Έκρηξη, από τον Φρεντ Χούλ, αστρονόμο
 του Πανεπιστημίου του Κέμπριτζ, ο οποίος στην
 πραγματικότητα απεχθανόταν την όλη ιδέα. Η
 ονομασία έμεινε, μολονότι η ιδέα της έκρηξης δεν
 είναι εντελώς ορθή — έστω και αν την αναφέρω στην
 εναρκτήρια πρόταση του παρόντος κεφαλαίου. Σε
 μια έκρηξη προκαλείται ένα κρουστικό κύμα το
 οποίο διαχωρίζει ένα αέριο υψηλής πίεσης από ένα
 άλλο χαμηλής πίεσης, αντιθέτως η αρχικά συμπι-
 εσμένη μάζα και ενέργεια του Σύμπαντος και άρα
 όλος ο χώρος εμπεριέχονταν στο εσωτερικό του
 μικροσκοπικού όγκου του: συνεπώς, δε διαστέλλο-
 νταν μέσα σε κάποιον άλλο χώρο, αφού άλλος χώ-
 ρος δεν υπήρχε. Ουσιαστικά, καθώς το Σύμπαν
 διαστέλλεται, διαστέλλονται μαζί μ' αυτό και τα
 όρια του χώρου: έξω από αυτό δεν υπάρχει φως,
 μάζα, ενέργεια και χρόνος — κι αυτό είναι κάτι που
 σίγουρα δυσκολεύομαστε να αντιληφθούμε.

Τελικά, τη δεκαετία του 1960, οι Αμερικανοί
 Άρνο Πενζίας και Ρόμπερτ Γουίλσον ανακάλυψαν
 την κοσμική μικροκυματική ακτινοβολία υποβά-
 θρου, έναν ραδιοσυριγμό που τώρα διαποτίζει ολό-

κληρο το Σύμπαν, και έδειξαν ότι το βαθύ κενό του Διαστήματος δεν είναι εντελώς ψυχρό —δεν έχει μηδενική θερμοκρασία και ενέργεια— αλλά πληρούται από μικροκύματα σε μια «ευχάριστη» θερμοκρασία των 3 βαθμών Κέλβιν (-270 βαθμοί Κελσίου). Αυτή η εναπομείνασα θερμότητα αποδεικνύει ότι το Σύμπαν βρισκόταν σε πολύ θερμότερη κατάσταση ακριβώς μετά τη Μεγάλη Έκρηξη.

Η θεωρία της Μεγάλης Έκρηξης, ή απλώς οι τρέχουσες παρατηρήσεις της διαστολής του Σύμπαντος, μας επιτρέπει να υπολογίσουμε με απλό τρόπο την ηλικία του Σύμπαντος. Εάν υπολογίσουμε τον χρόνο που θα χρειαζόταν το Σύμπαν για να αποκτήσει το σημερινό του μέγεθος αν διαστελλόταν με τον εκτιμώμενο ρυθμό διαστολής (τη λεγόμενη σταθερά Χαμπλ), και να ψυχθεί τόσο ώστε η θερμοκρασία του να είναι 3 βαθμοί Κέλβιν, θα βρούμε ότι η ηλικία του Σύμπαντος είναι περίπου ίση με 14 δισεκατομμύρια έτη (συν πλην περίπου ένα δισεκατομμύριο έτη). Τούτο το απλό συμπέρασμα συμφωνεί σε ικανοποιητικό βαθμό με αστρονομικές παρατηρήσεις των παλαιότερων σωμάτων του Σύμπαντος, τα οποία είναι τις περισσότερες φορές μικρά άστρα που καίγονται με πολύ αργό ρυθμό (όπως θα δούμε στο επόμενο κεφάλαιο), αν και ακόμη και αυτά δε γεννήθηκαν παρά μερικές εκατοντάδες εκατομμύρια χρόνια μετά τη Μεγάλη Έκρηξη, συνεπώς μάλλον δίνουν μια μικρότερη από την πραγματική ηλικία για το Σύμπαν. Σύμφωνα πά-

ντως με τις τελευταίες εκτιμήσεις μας, το Σύμπαν έχει ηλικία 13,8 δισεκατομμυρίων ετών.

Ωστόσο, η θεωρία της Μεγάλης Έκρηξης δεν είναι απλώς μια περιγραφή του τρόπου με τον οποίο το Σύμπαν μεγεθύνθηκε φθάνοντας από ένα μικροσκοπικό σημείο στο σημερινό πελώριο μέγεθός του. Η πορεία που ακολούθησε μετά την αρχική κατάσταση του διέπει την ίδια τη φύση της ύλης και τη δομή του. Με λίγα λόγια, συνέβησαν πολλά μέσα στο πρώτο μόλις λεπτό μετά τη Μεγάλη Έκρηξη. Γενικά (και προτού περάσουμε σε λεπτομέρειες), μπορούμε να θεωρήσουμε ότι το αρχικό Σύμπαν ήταν μια εξαιρετικά πυκνή και θερμή μικροσκοπική σφαίρα καθαρής, απροσμέτρητης ενέργειας, και ότι, καθώς διαστελλόταν και ψυχόταν, αποκρυσταλλώνονταν οι διάφορες μορφές ύλης, ενέργειας, ακόμη και δυνάμεων της φύσης, όπως περίπου ο ατμός ψύχεται και πρώτα σχηματίζεται το υγρό νερό και έπειτα από το νερό προκύπτει ο στερεός πάγος. Κάθε βήμα οδηγεί σε μια διαφορετική κατάσταση της ύλης (αέρια, υγρή, στερεή) και ονομάζεται αλλαγή φάσης. Ωστόσο, οι αλλαγές αυτές στις πρώτες στιγμές της δημιουργίας ήταν μακράν πιο εξωτικές από τις συνήθειες, και προήλθαν από μια αρχική κατάσταση που δεν την έχουμε ακόμα κατανοήσει πλήρως.

Την πρώτη στιγμή, ακριβώς μετά τη Μεγάλη Έκρηξη, πιστεύεται ότι η θερμοκρασία και, κατ'επέκτασιν, η πίεση ήταν τόσο υψηλές ώστε το Σύ-

μπαν (όπως και να ήταν αυτό) περιείχε μόνο μία μορφή ακραίας ενέργειας, μέσα σε έναν αφάνταστα μικρό όγκο, πολύ πιο μικρό από εκείνον ενός ατόμου ή ακόμα και ενός υποατομικού σωματιδίου. Η κατάσταση αυτή διήρκεσε τα πρώτα 10^{-43} δευτερόλεπτα. (Ο αριθμός 10^{-2} είναι ίσος με τον αριθμό 0,01, συνεπώς ο αριθμός 10^{-43} δηλώνει ότι το 1 το χωρίζουν από την υποδιαστολή 42 μηδενικά.) Το χρονικό αυτό διάστημα ονομάζεται Εποχή Πλανκ, ονομασία την οποία έλαβε από τον Μαξ Πλανκ, τον σπουδαίο Γερμανό φυσικό του εικοστού αιώνα, τον πατέρα κατά πολλούς της κβαντικής μηχανικής. Κατά τη διάρκεια αυτής της εποχής (και θα σημειώσω εδώ ότι οι κοσμολόγοι χρησιμοποιούν με έναν άκρως ιδιόρρυθμο και ευφάνταστο τρόπο τους όρους εποχή και περίοδος, που σίγουρα θα τρέλαινε τους περισσότερους γεωλόγους), οι θεμελιώδεις δυνάμεις της φύσης ήταν ενωμένες σε μία δύναμη. Συγκεκριμένα, οι δυνάμεις ενεργούν μέσω αλληλεπιδράσεων των σωματιδίων· για παράδειγμα, τα μαγνητάκια κολλάνε στην πόρτα του ψυγείου σας επειδή ανταλλάσσουν σωματίδια που ονομάζονται φωτόνια, τα οποία είναι ταυτόχρονα «φορείς της ηλεκτρομαγνητικής ισχύος» και σωματίδια του φωτός. Οι άλλες δυνάμεις διαμεσολαβούνται σήμερα από άλλα σωματίδια-φορείς ισχύος, αλλά εάν όλα τα σωματίδια-φορείς ισχύος ήταν τα ίδια την Εποχή Πλανκ, τότε και όλες οι δυνάμεις πρέπει να ήταν οι ίδιες. Η ιδέα μιας αρχικής μοναδικής δύναμης είναι για τους

φυσικούς η πολυπόθητη «Ενοποιημένη Θεωρία Πεδίου», ή αλλιώς «Θεωρία των Πάντων». Μέχρι σήμερα δεν έχουμε καταφέρει να διατυπώσουμε μια θεωρία που να εξηγεί πώς ενοποιούμε τη βαρύτητα (η οποία μας καθηλώνει στο έδαφος) με τις άλλες τρεις θεμελιώδεις δυνάμεις — τον ηλεκτρομαγνητισμό (ο οποίος διέπει τις δυνάμεις μεταξύ ηλεκτρικών φορτίων και στον οποίο περιλαμβάνεται ο μαγνητισμός), την ισχυρή και την ασθενή δύναμη (τις δυνάμεις που συγκρατούν ενωμένα τα υποατομικά σωματίδια μέσα στους πυρήνες των ατόμων). Ολόκληροι κλάδοι της Φυσικής, όπως η θεωρία χορδών και η κβαντική βαρύτητα βρόχων, αποτελούν ουσιαστικά μια προσπάθεια να επιλύσουμε τούτο το δυσεπίλυτο πρόβλημα. Η ενοποίηση των άλλων τριών δυνάμεων εκτός της βαρύτητας έχει σημειώσει μεγαλύτερη επιτυχία, τόσο σε θεωρητικό όσο και σε πειραματικό επίπεδο: πρόκειται για τη Μεγάλη Ενοποιημένη Θεωρία, η οποία εντάσσεται στο λεγόμενο Καθιερωμένο Πρότυπο και αφορά «σχεδόν τα πάντα» — δηλαδή τα πάντα εκτός της βαρύτητας. Η ανακάλυψη του σωματιδίου, ή μποζονίου, Χιγκς (από το όνομα του Βρετανού φυσικού Πίτερ Χιγκς) αποτελεί σημαντικότατο άθλο, καθώς επαληθεύει το Καθιερωμένο Πρότυπο, ενώ παράλληλα εξηγεί θεωρητικά τι είναι αυτό που δίδει στην ύλη την ιδιότητα της μάζας (η «αδρανειακή μάζα» — αυτό που καθιστά δυσκολότερη την κίνηση ορισμένων σωμάτων σε σύγκριση με άλλα — οφείλεται

ουσιαστικά στην αντίσταση που ασκεί στα σωματίδια ένα πανταχού παρόν πεδίο Χιγκς).

Όμως έχω ξεφύγει από το θέμα. Η ουσία είναι ότι ακόμη γνωρίζουμε ελάχιστα για το ποια ήταν η κατάσταση του Σύμπαντος κατά τη διάρκεια της Εποχής Πλανκ, για το πώς έφτασε τελικά σε αυτήν την κατάσταση καθώς και για το τι προηγήθηκε αυτής. Σε κάθε περίπτωση, στο τέλος της Εποχής Πλανκ το υπέρπυκνο μικροσκοπικό Σύμπαν ήταν ασταθές και κάπως έτσι ξεκίνησε η Μεγάλη Έκρηξη.

Τα επόμενα 10^{-35} δευτερόλεπτα του Σύμπαντος θα μπορούσαν πραγματικά να χαρακτηριστούν ως η «έκρηξη» της Μεγάλης Έκρηξης, μιας και κατά τη διάρκειά τους έλαβε χώρα μια απίστευτα ταχεία διόγκωση (πληθωρισμός) του Σύμπαντος. Το συγκεκριμένο χρονικό διάστημα ονομάζεται κοσμική πληθωριστική περίοδος. Ο πληθωρισμός πρέπει να αύξησε το μέγεθος του Σύμπαντος κατά πολλούς παράγοντες του 10 (περίπου 10^{70}), και μολονότι το Σύμπαν απέκτησε έτσι ένα σχετικά μικρό μέγεθος (ίσως λίγων μέτρων), η διόγκωση πραγματοποιήθηκε με ταχύτητα πολλαπλάσια της ταχύτητας του φωτός. Πιστεύεται ότι κινητήρια δύναμη πίσω από τον πληθωρισμό ήταν η απελευθέρωση μιας μορφής ενέργειας που βρισκόταν αποθηκευμένη στο πεδίο μίας δύναμης και ότι αυτή η έκρηξη ενέργειας αποτέλεσε πηγή της ύλης και της ενέργειας του γνωστού Σύμπαντος που σχηματίστηκε στη συνέχεια.

Ο ταχύς πληθωρισμός αποτελεί πλέον αναπό-

σπαστο κομμάτι της ιστορίας της Μεγάλης Έκρηξης, γιατί χωρίς αυτόν δύσκολα εξηγείται η θεμελιώδης παρατήρηση της κοσμικής μικροκυματικής ακτινοβολίας υποβάθρου, εκείνου του διάχυτου ραδιοθορύβου στον οποίο αναφερθήκαμε προηγουμένως. Συγκεκριμένα, εφόσον σε όλο τον κενό χώρο του Σύμπαντος φαίνεται να επικρατεί σχεδόν η ίδια θερμοκρασία μετά από 14 δισεκατομμύρια χρόνια, τότε τα άκρα του σημερινού Σύμπαντος πρέπει κάποτε να βρίσκονταν σε επαφή μεταξύ τους για αρκετά μεγάλο χρονικό διάστημα και επί μιας αρκετά μεγάλης περιοχής, ώστε να έχουν και στη συνέχεια την ίδια θερμοκρασία. Εάν από το χρονικό σημείο μηδέν δεν είχαν βρεθεί ποτέ σε επαφή μεταξύ τους, τότε δύσκολα μπορούμε να κατανοήσουμε γιατί τώρα πρέπει να έχουν όλα την ίδια θερμοκρασία. Ο υπερταχύς πληθωρισμός έδωσε στο Σύμπαν τη δυνατότητα να αποκτήσει γρήγορα έναν μικρό αλλά πεπερασμένο όγκο, εντός του οποίου όλα τα μέρη του Σύμπαντος θα μπορούσαν να αποκτήσουν την ίδια θερμοκρασία, προτού αυτά χωριστούν μεταξύ τους και εκτιναχθούν προς διαφορετικές κατευθύνσεις.

Μετά τον πληθωρισμό η απελευθερωθείσα ενέργεια διεστάλη και απέκτησε μικρότερη πυκνότητα, αρκετή για να παραχθεί η ύλη μέσα από τη συμπίκνωσή της. Η ενέργεια μπορεί να μετατραπεί σε ύλη σύμφωνα με μία από τις ελάχιστες εξισώσεις του Αϊνστάιν που οι περισσότεροι φαίνεται να θυμούνται μετά το σχολείο: $E = mc^2$, όπου E η ενέρ-

γεια, m η μάζα και c η ταχύτητα του φωτός. Η πρώτη ύλη εμφανίστηκε πρωταρχικά υπό τη μορφή μιας σούπας υποατομικών σωματιδίων, των περίφημων κουάρκ, που αποτελούν τις δομικές λίθους των πρωτονίων και των νετρονίων, τα οποία με τη σειρά τους συνιστούν τους ατομικούς πυρήνες. Ύπήρχε επίσης μια τεράστια ποσότητα καθαρής ενέργειας υπό τη μορφή φωτονίων καθώς και μια ομάδα σωματιδίων ύλης μικρότερης μάζας, γνωστών ως λεπτονίων. Στα λεπτόνια περιλαμβάνονται τα ηλεκτρόνια, τα μικροσκοπικά αρνητικά φορτισμένα σωματίδια που περιφέρονται γύρω από τους ατομικούς πυρήνες και μεταφέρουν το ηλεκτρικό ρεύμα εντός των καλωδίων, καθώς και τα σχεδόν μηδενικής μάζας ηλεκτρικά ουδέτερα νετρίνα, τα οποία διαπερνούν κάθε στιγμή το σώμα μας, απαρατήρητα και κατά μυριάδες. Γενικά τα λεπτόνια ορίζονται εν μέρει από το γεγονός ότι δεν μπορούν να συνδυαστούν για να σχηματίσουν ατομικούς πυρήνες.

Σε αυτή τη φάση της ιστορίας οι θερμοκρασίες ήταν πολύ υψηλές για να μπορέσουν τα κουάρκ να συνενωθούν. Όμως πολύ περισσότερα συνέβησαν μέσα στα επόμενα 10^{-5} δευτερόλεπτα. Η ύλη και η λεγόμενη αντιύλη υφίσταντο σε σχεδόν ίσες ποσότητες· για παράδειγμα, το αντισωματίδιο του ηλεκτρονίου είναι το ποζιτρόνιο, το οποίο έχει ίση μάζα αλλά αντίθετο ηλεκτρικό φορτίο. Όμως η ύλη και η αντιύλη εξαϋλώνονται όταν έρχονται σε επαφή, κι αυτό ακριβώς συνέβη μετά από μια σύντομη

στιγμή συνύπαρξης. Η εξαϋλωση απελευθέρωσε περισσότερη ενέργεια αλλά άφησε πίσω της «λίγη» συνήθη ύλη, η οποία βρισκόταν από πριν σε ελαφρώς μεγαλύτερη αφθονία, και κατά τον ίδιο τρόπο συνεχίζει να υπάρχει και σήμερα. Την ίδια περίοδο σχηματίστηκε πιθανώς και η σκοτεινή ύλη, η οποία πιστεύεται ότι αποτελεί το μεγαλύτερο μέρος της μάζας του Σύμπαντος (βλέπε περισσότερα γι' αυτήν στη συνέχεια). Στις τελευταίες φάσεις του συγκεκριμένου χρονικού διαστήματος συντελέστηκε η συνένωση των κουάρκ, μιας και η θερμοκρασία τότε είχε πέσει αρκετά ώστε να σχηματιστούν πρωτόνια και νετρόνια. Δεν είχε όμως πέσει τόσο ώστε τα νετρόνια και τα πρωτόνια να συνενωθούν σε ατομικούς πυρήνες, πόσο μάλλον να σχηματίσουν ολοκληρωμένα άτομα. Παρ' όλα αυτά, το τελευταίο κλάσμα αυτών των 10^{-5} δευτερολέπτων ονομάζεται Εποχή των Αδρονίων, διότι τα πρωτόνια και τα νετρόνια ονομάζονται γενικά αδρόνια.

Μετά από αυτά τα 10^{-5} δευτερόλεπτα οι θερμοκρασίες συνέχισαν να είναι αρκετά υψηλές και τα φωτόνια είχαν ακόμα αρκετά υψηλή ενέργεια ώστε να μετατρέπουν την ενέργειά τους σε ύλη και να δημιουργούνται λεπτόνια. Ωστόσο, μετά από 1 δευτερόλεπτο οι θερμοκρασίες είχαν πέσει τόσο ώστε να σταματήσει ο σχηματισμός τους και να απομείνει περίπου η ίδια ποσότητα λεπτονίων με αυτήν που παρατηρούμε σήμερα (αν εξαιρέσουμε εκείνα που σχηματίστηκαν αργότερα στις πυρηνικές αντι-

δράσεις). Το χρονικό διάστημα από τα 10^{-5} δευτερόλεπτα μέχρι το 1 δευτερόλεπτο ονομάζεται γι' αυτό τον λόγο Εποχή των Λεπτονίων.

Από το πρώτο δευτερόλεπτο έως περίπου το εκατοστό δευτερόλεπτο το Σύμπαν ήταν αρκετά ψυχρό ώστε τα νετρόνια και τα πρωτόνια να μπορούν να συνδυαστούν και να σχηματίσουν τους πρώτους ατομικούς πυρήνες. Όμως τα ελεύθερα νετρόνια από μόνα τους δεν είναι ευσταθή και τείνουν να διασπώνται σε ένα ηλεκτρόνιο και ένα πρωτόνιο. Έτσι, στο εκατοστό δευτερόλεπτο δεν είχαν απομείνει πλέον πολλά νετρόνια: σε κάθε δεκαέξι αδρόνια μόλις δύο ήταν νετρόνια ενώ τα δεκατέσσερα ήταν πρωτόνια. Σε κάθε ομάδα των δεκαέξι αδρονίων δύο νετρόνια συνδυάστηκαν με δύο πρωτόνια και σχημάτισαν έναν πυρήνα ηλίου, αφήνοντας πίσω δώδεκα πρωτόνια, κάθε ένα από τα οποία δημιούργησε έναν πυρήνα υδρογόνου. Έτσι, περίπου το ένα τέταρτο της καλονικής μάζας του Σύμπαντος ήταν ήλιον (δηλαδή, σε κάθε δεκαέξι αδρόνια τα τέσσερα απάρτιζαν το ήλιον) και η υπόλοιπη υδρογόνο (σε κάθε δεκαέξι αδρόνια τα δώδεκα ήταν υδρογόνο). Για την ακρίβεια, σχηματίστηκαν κι άλλα στοιχεία, όπως λίθιο και βαρύτερα ισότοπα (δηλαδή, κάτι σαν είδη) υδρογόνου (όπως είναι το δευτέριο, του οποίου ο πυρήνας αποτελείται από ένα νετρόνιο και ένα πρωτόνιο), σε ελάχιστες ποσότητες όμως, γιατί η θερμοκρασία σημείωσε πολύ απότομη πτώση για να σχηματιστούν σε μεγαλύτερες ποσότητες. Το γεγονός ότι

σήμερα στο Σύμπαν παρατηρούμε τα δύο αυτά στοιχεία στις ίδιες αναλογίες (75% υδρογόνο, 25% ήλιον) και σε πολύ μικρές αναλογίες τα βαρύτερα στοιχεία (βλέπε περισσότερα γι' αυτά παρακάτω) αποτελεί μια επιπλέον ελέγξιμη πρόβλεψη (και επαλήθευση) της θεωρίας της Μεγάλης Έκρηξης.

Τα επόμενα 100.000 χρόνια το Σύμπαν ήταν ακόμα αρκετά θερμό για να επιτρέψει στους ατομικούς πυρήνες να αιχμαλωτίζουν ηλεκτρόνια και να σχηματίζουν ολοκληρωμένα άτομα. Η πυκνότητα τόσο της ύλης όσο και της ενέργειας των φωτονίων ήταν αρκετά υψηλή, με αποτέλεσμα το ένα να είναι κολλημένο πάνω στο άλλο. Αυτό σημαίνει ότι η ύλη ήταν αρκετά πυκνή ώστε να είναι αδιαφανής και ότι η ενέργεια ήταν αρκετά υψηλή ώστε η ύλη να αδυνατεί να συσσωρευτεί και να σχηματίσει οτιδήποτε πέρα από ξεχωριστούς πυρήνες και ηλεκτρόνια: αυτή είναι η λεγόμενη Εποχή της Ακτινοβολίας, γιατί το Σύμπαν κατακλυζόταν από φωτόνια. Περίπου στα 100.000 χρόνια η πυκνότητα μάζας και φωτονίων μειώθηκε σημαντικά και το φως μπόρεσε πλέον να αποδεσμευτεί. Στα 380.000 χρόνια περίπου, η θερμοκρασία έπεσε αρκετά κι έτσι οι πυρήνες δέσμευσαν ηλεκτρόνια σχηματίζοντας άτομα, οπότε έχουμε τις απαρχές της Εποχής της Ύλης, την οποία ουσιαστικά συνεχίζουμε να διανύουμε και σήμερα. Από αυτό τον τελευταίο συνδυασμό προκλήθηκε μια έκρηξη ενέργειας, τα απομεινάρια της οποίας συνιστούν τη λάμψη της κοσμικής

