

ΚΑΤΙΕ ΜΑΣΚ

ΤΟ  
ΤΕΛΟΣ  
ΤΩΝ  
ΠΑΝΤΩΝ

ΔΙΕΘΝΗΣ ΜΠΕΣΤ ΣΕΛΕΡ

(...σύμφωνα με την Αστροφυσική)

Μετάφραση  
ΑΝΔΡΕΑΣ ΜΙΧΑΗΛΙΔΗΣ

ΜΕΤΑΙΧΜΙΟ



# ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΡΟΛΟΓΟΣ ΤΟΥ ΔΙΟΝΥΣΗ Π. ΣΙΜΟΠΟΥΛΟΥ .....	13
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΟ ΣΥΜΠΑΝ .....</b>	<b>21</b>
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΑΠΟ ΤΗ ΜΕΓΑΛΗ ΕΚΡΗΞΗ ΣΤΟ ΣΗΜΕΡΑ .....</b>	<b>37</b>
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: Η ΜΕΓΑΛΗ ΣΥΝΘΛΙΨΗ .....</b>	<b>79</b>
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΘΕΡΜΙΚΟΣ ΘΑΝΑΤΟΣ .....</b>	<b>103</b>
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: Η ΜΕΓΑΛΗ ΘΡΑΥΞΗ .....</b>	<b>141</b>
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6: ΑΠΟΣΥΝΘΕΣΗ ΚΕΝΟΥ .....</b>	<b>169</b>
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7: ΑΝΑΠΗΔΗΣΗ .....</b>	<b>201</b>
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8: ΤΟ ΜΕΛΛΟΝ ΤΟΥ ΜΕΛΛΟΝΤΟΣ .....</b>	<b>225</b>
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 9: ΕΠΙΛΟΓΟΣ .....</b>	<b>257</b>
ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ .....	265



## ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΟ ΣΥΜΠΑΝ

Κάποιοι λένε ο κόσμος θα τελέψει με φωτιά,  
κάποιοι λεν με πάγο.  
Μ' όσα γεύτηκα από πόθο  
Κι εγώ προς τη φωτιά κλίνω, το νιώθω.  
Δυο φορές όμως αν ήταν να χαθεί,  
Θαρρώ γνωρίζω αρκετά από μίσος  
Να πω πως στην καταστροφή  
Ο πάγος είναι ίσος  
Κι επαρκεί.

Robert Frost, 1920

Το ερώτημα της συντέλειας του κόσμου έχει αποτελέσει το αντικείμενο εικασιών και διαφωνιών μεταξύ ποιητών και φιλοσόφων σε όλο το διάβα της ιστορίας. Φυσικά, χάρη στην επιστήμη, πλέον γνωρίζουμε την απάντηση: είναι η φωτιά. Αδιαμφισβήτητα η φωτιά. Σε περίπου πέντε δισεκατομμύρια χρόνια, ο Ήλιος θα διογκωθεί περνώντας στη φάση ερυθρού γίγαντα, καταπίνοντας την τροχιά του Ερμή, ενδεχομένως και της Αφροδίτης, και καθιστώντας τη Γη έναν καψαλισμένο, άγονο βράχο καλυμμένο από μάγμα. Ακόμα κι αυτό το στείρο, καρβουνιασμένο απομεινάρι πιθανότατα θα ακολουθήσει μια σπειροειδή τροχιά μέχρι τα εξώτερα στρώματα του Ήλιου, όπου τα άτομά του θα διασκορπιστούν στην ανταριασμένη ατμόσφαιρα του ετοιμοθάνατου αστέρα.

Φωτιά λοιπόν. Το ζήτημα αυτό έχει κλείσει. Ο Frost είχε δίκιο στην πρώτη του προτίμηση.

Δεν σκεφτόταν όμως σε αρκετά μεγάλη κλίμακα. Εγώ είμαι κοσμολόγος. Μελετώ το σύμπαν στο σύνολό του, στη μεγαλύτερη δυνατή κλίμακα. Από αυτή τη σκοπιά, ο δικός μας κόσμος, η Γη, δεν είναι παρά ένας κόκκος σκόνης με συναισθηματική αξία, χαμένος σ' ένα απέραντο και πολυποίκιλο σύμπαν. Αυτό που απασχολεί εμένα, τόσο επαγγελματικά, όσο και προσωπικά, είναι ένα μεγαλύτερο ερώτημα: πώς θα έρθει η συντέλεια του *σύμπαντος*;

Γνωρίζουμε πως από κάπου άρχισε. Πριν από περίπου 13,8 δισεκατομμύρια χρόνια, το σύμπαν πέρασε από μια κατάσταση αδιανόητης πυκνότητας στη μορφή μιας απέραντης, κοσμικής πύρινης σφαίρας, ενός ψυχόμενου, βοερού ρευστού από ύλη και ενέργεια, που έσπειρε τα σπέρματα των αστερών και των γαλαξιών τους οποίους βλέπουμε σήμερα ολόγυρά μας. Πλανήτες σχηματίστηκαν, γαλαξίες συγκροτήθηκαν, το σύμπαν γέμισε φως. Ένας βραχώδης πλανήτης σε τροχιά γύρω από έναν συννηθισμένο αστέρα, κοντά στα σύνορα ενός σπειροειδούς γαλαξία, ανέπτυξε ζωή, ηλεκτρονικούς υπολογιστές, πολιτικές επιστήμες και μικροκαμωμένα, δίποδα θηλαστικά που διαβάζουν βιβλία φυσικής για να διασκεδάσουν.

Τι ακολουθεί όμως; Τι συμβαίνει στο τέλος αυτής της ιστορίας; Ο θάνατος ενός πλανήτη, ή ακόμα κι ενός αστέρα, ενδεχομένως, θεωρητικά, είναι κάτι από το οποίο μπορούμε να επιβιώσουμε. Σε δισεκατομμύρια χρόνια από τώρα, η ανθρωπότητα θα μπορούσε πιθανόν να υπάρχει ακόμη, ίσως σε κάποια αγνώριστη μορφή, και να ταξιδεύει στα πέρατα του διαστήματος, βρίσκοντας νέους τόπους να αποικίσει και δημιουργώντας νέους πολιτισμούς. Ο θάνατος του σύμπαντος, όμως, είναι τελεσίδικος. Τι σημαίνει για μας αυτή η συντέλεια, τι σημαίνει για τα πάντα γενικότερα;

## ΚΑΛΩΣ ΗΛΘΑΤΕ ΣΤΟΥΣ ΕΣΧΑΤΟΥΣ ΚΑΙΡΟΥΣ

Παρά το γεγονός ότι υπάρχουν ορισμένες κλασικές (και άκρως δια-

σκεδαστικές) επιστημονικές εργασίες επί του θέματος, συνάντησα πρώτη φορά τον όρο «εσχατολογία», που αναφέρεται στη μελέτη της συντέλειας των πάντων, σε κείμενα σχετικά με τη θρησκεία.

Η εσχατολογία –ή, πιο συγκεκριμένα, η συντέλεια του κόσμου– αποτελεί ένα εργαλείο που χρησιμοποιούν πολλές θρησκείες ανά τον κόσμο για να πλαισιώσουν τις θεολογικές διδαχές τους και να καταστήσουν σαφές το μήνυμά τους με συντριπτική δριμύτητα. Παρά τις θεολογικές διαφορές τους, ο Χριστιανισμός, ο Ιουδαϊσμός και το Ισλάμ μοιράζονται μια κοινή αντίληψη περί των Έσχατων Καιρών, κατά τους οποίους ο κόσμος θα υποστεί μια τελική αναδόμηση, το καλό θα θριαμβεύσει επί του κακού και οι εκλεκτοί του Θεού θα λάβουν την ανταμοιβή τους.\* Ίσως η υπόσχεση μιας τελικής κρίσης πατίζει με κάποιο τρόπο το ατυχές γεγονός πως στον ατελή, άδικο και τυχαίο υλικό κόσμο μας τίποτα δεν εξασφαλίζει μια καλή ζωή σε όσους ζουν ενάρετα. Όπως ακριβώς ένα μυθιστόρημα μπορεί να διασωθεί ή αναδρομικά να καταστραφεί από το τελευταίο του κεφάλαιο, έτσι φαίνεται πως και πολλές θρησκευτικές φιλοσοφίες έχουν ανάγκη από ένα τέλος του κόσμου, και μάλιστα ένα «δίκαιο» τέλος, ώστε να έχει καταρχήν νόημα η ύπαρξη μέσα σε αυτόν.

Φυσικά, δεν έχουν όλες οι εσχατολογίες λυτρωτικό χαρακτήρα, ούτε προβλέπουν όλες οι θρησκείες κάποια συντέλεια του κόσμου. Παρά τον ντόρο που είχε γίνει περί τα τέλη Δεκεμβρίου του 2012, η κοσμοθεωρία των Μάγια ήταν κυκλική,\*\* παρόμοια με την ινδουιστική, όπου δεν προσδιορίζεται κάποιο συγκεκριμένο «τέλος». Οι κύκλοι σε αυτές τις θρησκευτικές παραδόσεις δεν αποτελούν απλές επαναλήψεις, αλλά ενέχουν τη δυνατότητα να είναι τα πράγματα καλύτερα την επόμενη φορά: μπορεί σε αυτόν τον κόσμο να υποφέρετε, αλλά μην ανησυχείτε, πλησιάζει ο επόμενος, που θα είναι ανέγγιχτος από τις αδικίες του τρέχοντος, ή τουλάχιστον βελτιωμένος. Από την άλλη,

\* Εκεί που διαφέρουν είναι οι ποιοι είναι οι εν λόγω εκλεκτοί και ποια ακριβώς θα είναι η ανταμοιβή τους.

\*\* Βέβαια, η έναρξη του επόμενου κύκλου, του επόμενου κόσμου, προϋπέθετε την καταστροφή του τρέχοντος, όπως συνέβη μυθολογικά και με όλους τους προηγούμενους. (Σ.τ.Μ.)

οι μη θεολογικές αφηγήσεις της συντέλειας καταλαμβάνουν ένα φάσμα που ξεκινά από τη μηδενιστική αντίληψη ότι τίποτα δεν έχει σημασία (και τελικά το τίποτα θα επικρατήσει) και φτάνει μέχρι τη μεθυστική ιδέα της αένανς επανάληψης, σύμφωνα με την οποία όλα όσα έχουν συμβεί θα ξανασυμβαίνουν για πάντα με τον ίδιο ακριβώς τρόπο.\* Για την ακρίβεια, αμφοότερες αυτές οι ιδέες, φαινομενικά αντίθετες, συνήθως συνδέονται με τον Friedrich Nietzsche: αφού εξήγγειλε τον θάνατο οποιουδήποτε θεού θα μπορούσε να προσδώσει τάξη και νόημα στο σύμπαν, βρέθηκε να παλεύει με τις συνέπειες της ύπαρξης σε έναν κόσμο που στερούνταν ενός τελικού, λυτρωτικού κεφαλαίου.

Ο Nietzsche δεν ήταν φυσικά ο μόνος που αναλογίστηκε το νόημα της ύπαρξης. Από τον Αριστοτέλη μέχρι τον Lao Tzu και από την De Beauvoir μέχρι τον Κάπτεν Κερκ και την Μπάφι την Κυνηγό Βρικολάκων, όλοι κάποια στιγμή αναρωτήθηκαν: «Τι να σημαίνουν όλα αυτά;». Μέχρι σήμερα, που γράφεται το παρόν κείμενο, δεν έχει υπάρξει κάποια ομόφωνη απάντηση.

Ωστόσο, είτε ασπαζόμαστε μια συγκεκριμένη θρησκεία ή φιλοσοφία, είτε όχι, είναι σχεδόν βέβαιο πως η γνώση του κοσμικού μας πεπρωμένου θα επηρέαζε το πώς αντιλαμβανόμαστε την ύπαρξη, ή ακόμα και το πώς ζούμε τις ζωές μας. Όταν θέλουμε να μάθουμε αν κάτι που κάνουμε στον παρόντα χρόνο έχει τελικά σημασία, το πρώτο πράγμα που ρωτάμε είναι: ποια θα είναι η κατάληξη; Αν βρούμε την απάντηση σε αυτό το ερώτημα, αμέσως γεννάται το επόμενο: τι σημαίνει αυτό για μας στον παρόντα χρόνο; Εάν το σύμπαν πρόκειται κάποτε να πεθάνει, έχει νόημα να πάμε τα σκουπίδια στον κάδο την ερχόμενη Τρίτη;

Παρόλο που έχω ξεσκονίσει κάμποσα θεολογικά και φιλοσοφικά κείμενα, και παρόλο που έμαθα πολλά συναρπαστικά πράγματα από τη μελέτη τους, δυστυχώς το νόημα της ύπαρξης δεν ήταν ένα από αυτά. Μπορεί απλώς να μην ήμουν ο κατάλληλος άνθρωπος. Ανέκαθεν, τα ερωτήματα και οι απαντήσεις που με είλκυαν πιο έντονα ήταν

---

\* Τη θεώρηση αυτή ασπάζεται, παρόλο που δεν την αναλύει φιλοσοφικά εις βάθος, η τηλεοπτική σειρά *Battlestar Galactica*, της περιόδου 2004-2009.



εκείνα που βασίζονται στην επιστημονική παρατήρηση, τα μαθηματικά και τα απτά αποδεικτικά στοιχεία. Όσο ελκυστικό κι αν φάνταζε καμιά φορά να βρω την ιστορία και το νόημα της ζωής, έτοιμα, γραμμένα από κάποιον άλλο στις σελίδες ενός βιβλίου, γνώριζα πως η μόνη αλήθεια που θα αποδεχόμουν ήταν εκείνη στην οποία θα μπορούσα να καταλήξω εκ νέου με μαθηματικό τρόπο.

## ΣΤΡΕΦΟΝΤΑΣ ΤΑ ΜΑΤΙΑ ΣΤΟΝ ΟΥΡΑΝΟ

Στο διάβα των χιλιετιών που έχουν περάσει από τότε που η ανθρωπότητα αναλογίστηκε για πρώτη φορά τη θνητότητά της, οι φιλοσοφικές προεκτάσεις του ερωτήματος δεν έχουν αλλάξει, έχουν αλλάξει όμως τα εργαλεία που διαθέτουμε για να δώσουμε μια απάντηση. Σήμερα, το ερώτημα της μελλοντικής εξέλιξης και κατάληξης όλης της πραγματικότητας είναι αμιγώς επιστημονικό, ενώ βρισκόμαστε βασανιστικά κοντά σε μια απάντηση. Δεν είχαν πάντα έτσι τα πράγματα. Την εποχή του Robert Frost, στον χώρο της αστρονομίας ακόμη έβραζαν οι διαφωνίες σχετικά με το αν το σύμπαν μας βρισκόταν σε σταθερή κατάσταση, αναλλοίωτο κι αέναο. Ήταν μια ελκυστική ιδέα, ότι το κοσμικό μας σπίτι ήταν σταθερό και φιλόξενο: ένα μέρος όπου μπορούσαμε να γεράσουμε ασφαλείς. Ωστόσο, η ανακάλυψη της Μεγάλης Έκρηξης και της διαστολής του σύμπαντος απέκλεισε αυτό το ενδεχόμενο. Το σύμπαν μας μεταβάλλεται και μόνο πρόσφατα αρχίσαμε να αναπτύσσουμε τις θεωρίες και να κάνουμε τις παρατηρήσεις που θα μας βοηθήσουν να καταλάβουμε με ποιον ακριβώς τρόπο. Οι εξελίξεις των τελευταίων ετών, ακόμα και των τελευταίων μηνών, επιτέλους μας επιτρέπουν να σχηματίσουμε μια εικόνα του απώτατου μέλλοντος του σύμπαντος.

Αυτή την εικόνα θέλω να μοιραστώ μαζί σας. Οι καλύτερες μετρήσεις που έχουμε στη διάθεσή μας είναι συμβατές μόνο με μια χούφτα σενάρια ολοκληρωτικής Αποκάλυψης, μερικά από τα οποία μπορεί να επιβεβαιωθούν ή να αποκλειστούν από μετρήσεις που γίνονται αυτή τη στιγμή που μιλάμε. Η διερεύνηση αυτών των ενδεχομένων

μάς επιτρέπει να δούμε φευγαλέα πώς λειτουργεί η επιστημονική έρευνα αιχμής και να τοποθετήσουμε την ανθρωπότητα μέσα σ' ένα νέο πλαίσιο – πλαίσιο που κατά τη γνώμη μου γεννά ένα είδος χαράς, ακόμα και μπροστά στην προοπτική της ολοκληρωτικής καταστροφής. Είμαστε ένα είδος που ακροβατεί ανάμεσα στη συναίσθηση της ουσιαστικής μας ασημαντότητας και την ικανότητα να κοιτάζουμε πολύ πέρα από τις τετριμμένες μας ζωές, να ατενίζουμε το κενό και να δίνουμε απαντήσεις στα πιο θεμελιώδη μυστήρια του σύμπαντος.

Παραφράζοντας τον Tolstoy, όλα τα ευτυχισμένα σύμπαντα είναι ίδια· κάθε δυστυχισμένο σύμπαν είναι δυστυχισμένο με τον δικό του τρόπο. Στο παρόν βιβλίο, περιγράψω πώς μικρές μεταβολές στην τρέχουσα, ελλιπή μας γνώση για το σύμπαν μπορούν να οδηγήσουν σε άκρως διαφορετικές μελλοντικές εξελίξεις, από ένα σύμπαν που καταρρέει προς το εσωτερικό του, μέχρι ένα που κομματιάζεται, ή ένα που σταδιακά υποκύπτει σε μια αναπόδραστη, διαστελλόμενη, ολέθρια φουσαλίδα. Καθώς εξερευνούμε την εξέλιξη των σύγχρονων γνώσεών μας για το σύμπαν και την κατάληξή του –και παλεύουμε με το ερώτημα τι σημαίνουν όλα αυτά για μας–, θα βρούμε μπροστά μας μερικές από τις σημαντικότερες έννοιες της φυσικής και θα δούμε πώς αυτές μας συνδέουν όχι απλώς με τα διάφορα είδη κοσμικής Αποκάλυψης, αλλά και με τη φυσική της καθημερινότητάς μας.

## ΠΟΣΟΤΙΚΟΠΟΙΩΝΤΑΣ ΤΟΝ ΚΟΣΜΙΚΟ ΟΛΕΘΡΟ

Φυσικά, για μερικούς από μας, τα διάφορα είδη κοσμικής Αποκάλυψης αποτελούν ήδη αντικείμενο καθημερινού προβληματισμού.

Θυμάμαι πολύ ζωντανά τη στιγμή που ανακάλυψα πως το σύμπαν μπορεί να τελειώσει *ανά πάσα* στιγμή. Ήμουν καθισμένη στο πάτωμα του σαλονιού του καθηγητή Phinney, μαζί με τους υπόλοιπους προπτυχιακούς φοιτητές, μια από τις εβδομαδιαίες βραδιές που μας καλούσε για γλυκό. Ο καθηγητής ήταν καθισμένος σε μια καρέκλα, με την τρίχρονη κόρη του στα πόδια του. Μας εξηγούσε πως η ξαφνική

διόγκωση του πρώιμου σύμπαντος, η κοσμική διόγκωση,\* παρέμενε ακόμη σε μεγάλο βαθμό ένα μυστήριο: δεν είχαμε την παραμικρή ιδέα γιατί ξεκίνησε και γιατί σταμάτησε, ενώ δεν υπήρχε καμία εγγύηση ότι δεν μπορούσε να ξανασυμβεί, εκείνη ακριβώς τη στιγμή. Τίποτε δεν μπορούσε να εξασφαλίσει ότι εκείνη τη στιγμή, μέσα σ' εκείνο το σαλόνι όπου πίναμε αθώα το τσάι με τα βουτήματά μας, δεν θα ξεκινούσε ένα ταχύτατο σχίσσιμο του χώρου, το οποίο θα αφάνιζε τα πάντα.

Αιφνιδιάστηκα τελείως, και θαρρείς ξαφνικά δεν μπορούσα να εμπιστευτώ ούτε το συμπαγές πάτωμα κάτω από τα πόδια μου. Στο μυαλό μου έχει χαραχτεί ανεξίτηλα η εικόνα εκείνου του μικρού παιδιού, να κάνει νευρικές κινήσεις έχοντας πλήρη άγνοια του ξαφνικά ασταθούς σύμπαντος, ενώ ο καθηγητής μειδίασε ελαφρά και πέρασε σε κάποιο άλλο θέμα.

Πλέον, έχοντας εδραιωθεί ως επιστήμονας, κατανοώ εκείνο το μειδίαμα. Είναι μακάβρια συναρπαστικό να αναλογίζεται κανείς διαδικασίες τόσο ισχυρές και αδυσώπτες, αλλά και ταυτόχρονα ικανές να περιγραφούν με μαθηματική ακρίβεια. Τα ενδεχόμενα μέλλοντα του σύμπαντός μας έχουν περιγραφεί και υπολογιστεί, και η πιθανότητά τους να πραγματοποιηθούν έχει σταθμιστεί με βάση τα καλύτερα διαθέσιμα δεδομένα. Μπορεί να μη γνωρίζουμε με σιγουριά κατά πόσο θα μπορούσε να λάβει χώρα αυτή τη στιγμή μια νέα, καταστροφική κοσμική διόγκωση, αν όμως συμβεί κάτι τέτοιο, έχουμε τις εξισώσεις έτοιμες. Κατά έναν τρόπο, είναι μια εξαιρετικά ενθαρρυντική σκέψη: παρόλο που εμείς οι ασήμαντοι, ανίσχυροι άνθρωποι δεν έχουμε την παραμικρή πιθανότητα να επηρεάσουμε (ή να προκαλέσουμε) τη συντέλεια του σύμπαντος, τουλάχιστον μπορούμε να αρχίσουμε να την κατανοούμε.

Πολλοί άλλοι φυσικοί έχουν την τάση να γίνονται λίγο μπλαζέ απέναντι στην απεραντοσύνη του σύμπαντος και τις δυνάμεις που ξεπερνούν τα όρια της αντίληψής μας. Τα πάντα μπορούν να αναχθούν σε μαθηματικά, παίζεις λίγο με τις εξισώσεις κι έπειτα συνεχίζεις τη

---

\* Ο όρος «cosmic inflation» («κοσμική διόγκωση») αποδίδεται επίσης στην ελληνική βιβλιογραφία ως «κοσμικός πληθωρισμός». (Σ.τ.Μ.)

μέρα σου. Εμένα, όμως, το σοκ και ο ίλιγγος που μου προκάλεσε η αναγνώριση της εύθραυστης φύσης των πάντων, και του πόσο ανίσχυρη ήμουν εγώ η ίδια, με σημάδεψαν. Η ευκαιρία να ξεμακρύνεις μέσα σε αυτή τη θάλασσα της κοσμικής προοπτικής σε γεμίζει τρόμο και συνάμα ελπίδα – όπως όταν κρατάς στα χέρια σου ένα νεογέννητο και νιώθεις την ευαίσθητη ισορροπία μεταξύ της εύθραυστης ζωής και της προοπτικής για σπουδαία πράγματα που δεν έχουν περάσει καν από το μυαλό του. Λέγεται πως, όταν οι αστροναύτες επιστρέφουν από το διάστημα, η οπτική τους σχετικά με τον κόσμο έχει αλλάξει. Είναι το λεγόμενο φαινόμενο «πανοραμικής εντύπωσης»: βλέποντας τη Γη από το διάστημα, αντιλαμβάνονται πλήρως πόσο εύθραυστη είναι η μικρή μας όαση και πόσο ενωμένοι θα έπρεπε κανονικά να είμαστε ως είδος, ως τα μοναδικά ίσως σκεπτόμενα όντα σε ολόκληρο το σύμπαν.

Μια τέτοια εμπειρία βιώνω κι εγώ όταν αναλογίζομαι τη συντέλεια του σύμπαντος. Αποτελεί ένα είδος διανοητικής πολυτέλειας να μπορείς να στοχάζεσαι τα απώτατα όρια του χρόνου και να έχεις στη διάθεσή σου τα εργαλεία ώστε να μιλάς γι' αυτό με σαφήνεια. Όταν αναρωτιόμαστε «Μπορούν πραγματικά όλα αυτά να συνεχιστούν επ' άπειρον;», δίνουμε σιωπηρά αξία στην ίδια μας την ύπαρξη, εκτινόντας την απείρως στο μέλλον, επιθεωρώντας και αξιολογώντας ποια θα είναι η κληρονομιά μας. Η παραδοχή μιας μελλοντικής συντέλειας δίνει στην ύπαρξή μας ένα πλαίσιο, ένα νόημα, ακόμα και ελπίδα, επιτρέποντάς μας, κατά τρόπο παράδοξο, να αποστασιοποιηθούμε από τις ασήμαντες, καθημερινές μας έγνοιες, και ταυτόχρονα να ζούμε την κάθε στιγμή. Ίσως αυτό είναι το νόημα που αναζητούμε.

Το βέβαιο είναι πως όλο και πλησιάζουμε στην απάντηση. Άσχετα αν ο κόσμος βρίσκεται πολιτικά διαρκώς υπό διάλυση, από επιστημονική σκοπιά ζούμε σ' έναν χρυσό αιώνα. Στη φυσική, οι πρόσφατες ανακαλύψεις, καθώς και τα νέα τεχνολογικά και θεωρητικά εργαλεία, μας επιτρέπουν να κάνουμε άλματα που στο παρελθόν ήταν αδύνατα. Η κατανόησή μας για τις απαρχές του σύμπαντος τελειοποιείται εδώ και δεκαετίες, όμως η επιστημονική εξερεύνηση για το πιθανό τέλος του μόλις μπήκε στην Αναγέννησή της. Τα πιο πρόσφατα αποτελέσματα από τις μετρήσεις ισχυρών τηλεσκοπίων και επιταχυντών σω-

ματιδίων υποδεικνύουν συναρπαστικά (πλην άκρως τρομακτικά) νέα ενδεχόμενα και έχουν αλλάξει την αντίληψή μας σχετικά με το τι είναι ή δεν είναι πιθανόν να συμβεί στο απώτερο μέλλον της εξέλιξης του σύμπαντος. Πρόκειται για ένα πεδίο όπου σημειώνεται εκπληκτική πρόοδος, δίνοντάς μας τη δυνατότητα να σταθούμε στην άκρη της αβύσσου και να ατενίσουμε το απόλυτο σκότος. Απλώς, ξέρετε, ποσοτικοποιημένα – μετρήσιμα.

Στην κοσμολογία, ως κλάδο της φυσικής, δεν αναζητούμε ακριβώς το προαναφερθέν νόημα, αλλά προσπαθούμε να ανακαλύψουμε θεμελιώδεις αλήθειες. Υπολογίζοντας με ακρίβεια το σχήμα του σύμπαντος, την κατανομή ύλης και ενέργειας στο εσωτερικό του, καθώς και τις δυνάμεις που διέπουν την εξέλιξή του, βρίσκουμε ενδείξεις για τη βαθύτερη δομή της πραγματικότητας. Παρόλο που έχουμε την τάση να συνδέουμε τα άλματα προόδου στη φυσική με εργαστηριακά πειράματα, στην πραγματικότητα οι περισσότερες γνώσεις μας για τους θεμελιώδεις νόμους του φυσικού κόσμου δεν οφείλονται στα ίδια τα πειράματα, αλλά στην κατανόηση της σχέσης τους με τις παρατηρήσεις που έχουμε κάνει στους ουρανούς. Για παράδειγμα, ο προσδιορισμός της δομής του ατόμου απαιτήσε οι φυσικοί να συνδέσουν τα αποτελέσματα των πειραμάτων ραδιενέργειας με τα μοτίβα των φασματικών γραμμών του ηλιακού φωτός. Ο Νόμος της Παγκόσμιας Έλξης, τον οποίο ανέπτυξε ο Νεύτων, έλεγε πως η ίδια δύναμη που κάνει ένα σώμα να γλιστράει σε ένα επικλινές δάπεδο είναι εκείνη που διατηρεί τη Σελήνη και τους πλανήτες στις τροχιές τους. Εν καιρώ, η ιδέα αυτή οδήγησε στη Γενική Θεωρία της Σχετικότητας του Einstein, μια εκπληκτική επαναπραγμάτευση της βαρύτητας, η οποία δεν επαληθεύτηκε από μετρήσεις πάνω στη Γη, αλλά από παρατηρήσεις των ιδιορρυθμιών στην τροχιά του Ερμή και τις φαινόμενες θέσεις των αστέρων στη διάρκεια μιας ηλιακής έκλειψης.

Σήμερα διαπιστώνουμε πως τα μοντέλα σωματιδιακής φυσικής που έχουμε αναπτύξει, έπειτα από δεκαετίες εξαντλητικών δοκιμών στα καλύτερα εργαστήρια της Γης, είναι ελλιπή, γεγονός που μας αποκάλυψαν οι ουράνιες παρατηρήσεις. Μελετώντας τις κινήσεις και τις κατανομές άλλων γαλαξιών –κοσμικών συσσωρεύσεων όπως ο δικός

μας γαλαξίας, ο Milky Way, που περιλαμβάνουν δισεκατομμύρια ή τρισεκατομμύρια αστέρια–, ανακαλύψαμε σημαντικά κενά στις θεωρίες μας της σωματιδιακής φυσικής. Δεν γνωρίζουμε ακόμη ποια θα είναι η λύση, όμως είναι σχεδόν βέβαιο πως οι συμπαντικές μας εξερευνήσεις θα παίξουν ρόλο σε αυτή. Η ενοποίηση της κοσμολογίας με τη σωματιδιακή φυσική ήδη μας έχει επιτρέψει να υπολογίσουμε το βασικό σχήμα του χωροχρόνου, να κάνουμε μια απογραφή των συστατικών στοιχείων της πραγματικότητας και να κοιτάξουμε πίσω στον χρόνο, σε μια εποχή πριν από την ύπαρξη αστερών και γαλαξιών, αναζητώντας τις καταβολές μας όχι απλώς ως ζωντανών όντων, αλλά ως υλικών υπάρξεων.

Φυσικά, η σχέση αυτή είναι αμφίδρομη. Όπως ακριβώς η σύγχρονη κοσμολογία μάς βοηθά να κατανοήσουμε τι συμβαίνει σε εξαιρετικά μικροσκοπικό επίπεδο, έτσι και οι θεωρίες και τα πειράματα στοιχειωδών σωματιδίων μάς βοηθούν να κατανοήσουμε τις λειτουργίες του σύμπαντος στις μεγαλύτερες δυνατές κλίμακες. Ο συνδυασμός των δύο αυτών προσεγγίσεων –από πάνω προς τα κάτω και το αντίστροφο– είναι ίδιον της φυσικής. Όσο κι αν η ποπ κουλτούρα προσπαθεί να μας πείσει πως η επιστήμη απαρτίζεται από στιγμές εκλάμψεων και εκπληκτικές θεωρητικές ανατροπές, σε μεγάλο βαθμό η γνώση προοδεύει επειδή παίρνουμε υπαρκτές θεωρίες, τις ωθούμε στα άκρα και παρατηρούμε σε ποιο σημείο καταρρέουν. Όταν ο Νεύτων άφηνε μπάλες να κυλήσουν σε πλαγιές ή παρατηρούσε τους πλανήτες να κινούνται βασιανιστικά αργά στον ουρανό, ήταν αδύνατον να διανοηθεί πως θα είχαμε ανάγκη από μια θεωρία βαρύτητας ικανή να διαχειριστεί τη στρέβλωση του χωροχρόνου κοντά στον Ήλιο, ή τις αδιανόητες βαρυτικές δυνάμεις στο εσωτερικό των μελανών οπών.\* Ούτε που θα ονειρευόταν ότι κάποτε θα είχαμε τη δυνατότητα να μετρήσουμε την επίδραση της βαρύτητας σε ένα και μοναδικό νετρόνιο.\*\*

\* Στη γενική πληθυντικού έχει γενικά προτιμηθεί στο βιβλίο ο τύπος «μελανών οπών», αντί του «μαύρων τρυπών». (Σ.τ.Μ.)

\*\* Αυτό το πετυχαίνουμε κάνοντάς το να αναπνδάει. Σοβαρά μιλάω. Πρώτα ψύχουμε τα νετρόνια σχεδόν μέχρι το απόλυτο μηδέν [0 βαθμούς Κέλβιν, ή -273 βαθμούς Κελσίου – Σ.τ.Μ.], έπειτα τα επιβραδύνουμε σε ταχύτητα τζό-

Ευτυχώς, καθότι το σύμπαν είναι πραγματικά πάρα πολύ μεγάλο, μας παρέχει μια αφθονία από ακραία περιβάλλοντα προς παρατήρηση. Ακόμα καλύτερα: μας δίνει τη δυνατότητα να μελετήσουμε την πρώιμη κατάστασή του, την περίοδο κατά την οποία ολόκληρο το σύμπαν ήταν ένα ακραίο περιβάλλον.

Μια σύντομη σημείωση για την ορολογία. Ως γενικός επιστημονικός όρος, η *κοσμολογία* αναφέρεται στη μελέτη του συνόλου του σύμπαντος, από την αρχή μέχρι το τέλος, συμπεριλαμβανομένων των συστατικών του στοιχείων, της εξέλιξής του στον χρόνο και των θεμελιωδών φυσικών νόμων που το διέπουν. Στην *αστροφυσική*, κοσμολόγος είναι οποιοσδήποτε μελετά πραγματικά απομακρυσμένα αντικείμενα, διότι (1) αυτό σημαίνει πως πρέπει να έχει εποπτεία ενός μεγάλου μέρους του σύμπαντος και (2) στην αστρονομία, τα απομακρυσμένα αντικείμενα είναι επίσης απομακρυσμένα στο παρελθόν, αφού το φως που φτάνει σε εμάς από αυτά ταξιδεύει για πολύ μεγάλο χρονικό διάστημα – μερικές φορές δισεκατομμύρια χρόνια. Κάποιοι αστροφυσικοί μελετούν συγκεκριμένα την εξέλιξη της πρώιμης ιστορίας του σύμπαντος, ενώ άλλοι ειδικεύονται στα ίδια τα απομακρυσμένα αντικείμενα (όπως είναι οι γαλαξίες, τα γαλαξιακά σμήνη και ούτως καθεξής) και τις ιδιότητές τους. Στη *φυσική*, η κοσμολογία μπορεί να παρεκκλίνει σε πολύ πιο θεωρητική κατεύθυνση. Για παράδειγμα, κάποιοι κοσμολόγοι σε τμήματα φυσικής (σε αντίθεση με τα τμήματα αστρονομίας) μελετούν εναλλακτικά μοντέλα σωματιδιακής φυσικής που μπορεί να ίσχυαν κατά το πρώτο δισεκατομμυριοστό του δισεκατομμυριοστού του δευτερολέπτου της ύπαρξης του σύμπαντος. Άλλοι μελετούν τροποποιήσεις της βαρυτικής θεωρίας του Einstein, οι οποίες μπορεί να αφορούν αντικείμενα τόσο θεωρητικά όσο υποθετικές μαύρες τρύπες που δύνανται να υπάρξουν μόνο σε ανώτερες διαστάσεις του χώρου.

---

κινγκ και τέλος τα αναγκάζουμε να χοροπηδάνε πάνω κάτω, σαν μπαλάκια του πινγκ πονγκ. Αυτό μας δίνει επίσης ορισμένες πληροφορίες για τη σκοτεινή ενέργεια, εκείνο το μυστηριώδες κάτι που επιταχύνει τη διαστολή ολόκληρου του σύμπαντος. Η φυσική είναι εξωφρενική.

Μάλιστα, ορισμένοι κοσμολόγοι μελετούν ολόκληρα υποθετικά σύμπαντα, τα οποία είναι ξεκάθαρα διαφορετικά από το δικό μας –σύμπαντα με τελείως διαφορετικό σχήμα, αριθμό διαστάσεων και ιστορία–, ώστε να κατανοήσουν τη μαθηματική δομή θεωριών που μπορεί κάποτε να αποδειχτεί ότι αφορούν και εμάς.\*

Η ουσία όλων των προηγούμενων είναι πως «κοσμολογία» σημαίνει πολλά διαφορετικά πράγματα για πολλούς διαφορετικούς ανθρώπους. Ένας κοσμολόγος που μελετά την εξέλιξη των γαλαξιών μπορεί να χαθεί τελείως σε μια συζήτηση με έναν κοσμολόγο που μελετά τον τρόπο κατά τον οποίο η κβαντική θεωρία πεδίου επιτρέπει την εξάτμιση των μελανών οπών – και τούμπαλιν.

Όσο για μένα, τα λατρεύω όλα. Πρώτη φορά έμαθα για την ύπαρξη της κοσμολογίας όταν ήμουν περίπου δέκα ετών, μέσα από βιβλία και διαλέξεις του Stephen Hawking. Μιλούσε για μαύρες τρύπες και χωροχρονικές στρεβλώσεις και τη Μεγάλη Έκρηξη, κι ένα σωρό άλλα πράγματα, έτσι που ένιωθα το μυαλό μου να κάνει κωλοτούμπες. Δεν χόρταινα. Όταν έμαθα πως ο Hawking αποκαλούσε τον εαυτό του κοσμολόγο, ήξερα πως αυτό ήθελα να γίνω όταν μεγαλώσω. Ανά τα χρόνια, έχω κάνει έρευνα που αγγίζει όλο το εύρος του πεδίου, αλλάζοντας διαρκώς πόστα μεταξύ τμημάτων φυσικής και αστρονομίας, μελετώντας μαύρες τρύπες, γαλαξίες, το διαγαλαξιακό αέριο, τις πολυπλοκότητες της Μεγάλης Έκρηξης, τη σκοτεινή ύλη, καθώς και το ενδεχόμενο το σύμπαν μας να εξαφανιστεί μέσα σε μια στιγμή.\*\* Μά-

---

\* Πολλές τέτοιες θεωρίες παράγουν οι θεωρητικοί των υπερχορδών. (Η θεωρία υπερχορδών είναι ένας γενικός όρος για τις θεωρίες που επιχειρούν να παντρέψουν τη βαρύτητα και τη σωματιδιακή φυσική, με νέους τρόπους. Σήμερα, όμως, οι εργασίες που γίνονται σε αυτό το αντικείμενο βασίζονται περισσότερο σε μαθηματικά ανάλογα, παρά σε οτιδήποτε σχετικό με τον «πραγματικό» κόσμο.) Μερικές φορές, όταν παρακολουθώ ομιλίες θεωρίας υπερχορδών, πρέπει να χαλιναγωγίσω την παρόρμηση να σηκώσω το χέρι και να διευκρινίσω πως κανένας από τους υπολογισμούς δεν αφορά το δικό μας σύμπαν – απλώς για την περίπτωση που κάποιος είναι όσο μπερδεμένος ήμουν εγώ όταν πρωτάρχισα να παρακολουθώ ομιλίες θεωρίας υπερχορδών.

\*\* Φυσικά, αυτό υπήρξε ένα από τα πιο διασκεδαστικά αντικείμενα στα οποία έχω εργαστεί, εξού και το παρόν βιβλίο. Δεν είμαι σίγουρη γιατί μου αρέσει τόσο πολύ. Ίσως να 'ναι κακό σημάδι.



λιστα, στα χαραμισμένα νιάτα μου, μέχρι που δοκίμασα για ένα διάστημα την τύχη μου στην πειραματική σωματιδιακή φυσική, παίζοντας με διάφορα λέιζερ σε ένα εργαστήριο πυρηνικής φυσικής (παρά τα όσα γράφουν οι αναφορές, η φωτιά δεν ήταν δικό μου φταίξιμο) και κωπηλατώντας με μια φουσκωτή εξωλέμβιο μέσα σε έναν υπόγειο ανιχνευτή νετρίνων, ύψους 40 μέτρων και γεμάτο με νερό (ούτε εκείνη η έκρηξη ήταν δικό μου φταίξιμο).

Σήμερα κατά βάση έχω κατασταλάξει στη θεωρητική φυσική, κι αυτό είναι μάλλον το καλύτερο για όλους μας. Αυτό σημαίνει πως δεν κάνω παρατηρήσεις ή πειράματα, ούτε αναλύω δεδομένα, παρόλο που πολύ συχνά επιχειρώ προβλέψεις για τα αποτελέσματα μελλοντικών παρατηρήσεων ή πειραμάτων. Εργάζομαι κατά κύριο λόγο σε έναν τομέα τον οποίο οι φυσικοί αποκαλούν φαινομενολογία – τον χώρο μεταξύ της ανάπτυξης νέων θεωριών και της πρακτικής δοκιμής τους. Εν ολίγοις, βρίσκω νέους, δημιουργικούς τρόπους να συνδέω τις υποθέσεις των ανθρώπων που εργάζονται στις θεμελιώδεις θεωρίες για τη δομή του σύμπαντος, με αυτά που ελπίζουν να ανακαλύψουν στα δεδομένα τους οι παρατηρησιακοί αστρονόμοι και οι πειραματικοί φυσικοί. Αυτό σημαίνει πως πρέπει να μαθαίνω πολλά για τα πάντα,\* κάτι που είναι άκρως διασκεδαστικό.

## SPOILER ALERT

Το παρόν βιβλίο αποτελεί για μένα μια αφορμή ώστε να ερευνήσω σε βάθος το ερώτημα πού πάει το πράγμα, ποιο είναι το νόημα και τι μπορούμε να μάθουμε κάνοντας αυτές τις ερωτήσεις για το σύμπαν μέσα στο οποίο ζούμε. Δεν υπάρχει μία και μοναδική αποδεκτή απάντηση για όλα αυτά – το ερώτημα της κατάληξης ολόκληρης της ύπαρξης παραμένει ακόμη ανοικτό και αποτελεί έναν τομέα έντονης έρευνας, όπου τα συμπεράσματά μας μπορούν να αλλάξουν δραματικά ως

---

\* Κι εδώ μιλάμε για ολόκληρο το σύμπαν, οπότε εννοώ κυριολεκτικά ΓΙΑ ΤΑ ΠΑΝΤΑ.

αποτέλεσμα πολύ μικρών μεταβολών στην ερμηνεία των δεδομένων. Στο παρόν βιβλίο θα εξετάσουμε πέντε ενδεχόμενα, τα οποία επέλεξα με βάση την εξέχουσα θέση τους στις συζητήσεις των επαγγελματιών κοσμολόγων, αναζητώντας τα καλύτερα διαθέσιμα στοιχεία που στηρίζουν ή αμφισβητούν το καθένα.

Το κάθε σενάριο παρουσιάζει ένα πολύ διαφορετικό είδος συντέλειας και διέπεται από διαφορετικές φυσικές διαδικασίες, όμως όλα συμφωνούν σε ένα σημείο: η συντέλεια είναι αναπόφευκτη. Μέχρι τώρα, σε όλα όσα έχω μελετήσει από την τρέχουσα κοσμολογική βιβλιογραφία, δεν έχω βρει κάποια σοβαρά τεκμηριωμένη υπόθεση που υποστηρίζει πως το σύμπαν θα μπορούσε να παραμείνει αναλλοίωτο εσαεί. Αν μη τι άλλο, κάποια στιγμή θα γίνει μια μετάβαση, η οποία, επί της ουσίας, θα καταστρέψει τα πάντα, καθιστώντας τουλάχιστον το παρατηρήσιμο τμήμα του σύμπαντος μη κατοικήσιμο για οποιαδήποτε οργανωμένη δομή. Για τους σκοπούς του παρόντος βιβλίου, αυτό θα το αποκαλώ συντέλεια (ζητώντας προκαταβολικά συγγνώμη από τις όποιες προσωρινά νοήμονες εκλάμψεις τυχαίων κβαντικών διακυμάνσεων\* μπορεί να διαβάζουν αυτές τις αράδες). Μερικά από αυτά τα σενάρια ενέχουν και την υπόνοια μιας πιθανότητας ανανέωσης, ή και επανάληψης του σύμπαντος με τον έναν ή τον άλλο τρόπο. Ωστόσο, το κατά πόσο μπορεί να διατηρηθεί κάποια αχνή έστω ανάμνηση των προηγούμενων εκδοχών, με οποιονδήποτε τρόπο, αποτελεί αντικείμενο μάλλον έντονων, συνεχιζόμενων διαφωνιών – καθώς και το κατά πόσο θα ήταν δυνατή, έστω θεωρητικά, κάποιου είδους διαφυγή από αυτή την κοσμική Αποκάλυψη. Αυτό που φαντάζει πιθανότερο, πάντως, είναι το τέλος αυτού του μικρού νησιού ύπαρξης, που είναι γνωστό ως το παρατηρήσιμο σύμπαν, να είναι πραγματικά το τέλος. Μεταξύ άλλων, βρίσκομαι εδώ για να σας πω πώς θα μπορούσε να λάβει χώρα κάτι τέτοιο.

Απλώς για να ξεκινήσουμε όλοι από κοινή βάση, θα αρχίσουμε με μια σύντομη ανασκόπηση της ιστορίας του σύμπαντος, από την αρχή

---

\* Διαβάστε σας παρακαλώ μέχρι το κεφάλαιο 4, όπου θα παρουσιάσω τον Εγκέφαλο Boltzmann όπως του αρμόζει.

του μέχρι σήμερα. Κατόπιν θα περάσουμε στις καταστροφές. Σε καθένα από τα πέντε κεφάλαια θα διερευνήσουμε ένα διαφορετικό ενδεχόμενο της συντέλειας, πώς μπορεί αυτή να λάβει χώρα, πώς θα μπορούσε να μοιάζει και πώς η μεταβαλλόμενη γνώση μας για τους φυσικούς νόμους της πραγματικότητας μας οδηγεί από τη μια υπόθεση στην άλλη. Θα ξεκινήσουμε από τη Μεγάλη Σύνθλιψη, την εκπληκτική κατάρρευση του σύμπαντος που θα λάμβανε χώρα αν η τρέχουσα κοσμική διαστολή αντιστρεφόταν. Έπειτα ακολουθούν δύο κεφάλαια με συντέλειες οφειλόμενες στη σκοτεινή ενέργεια: στη μια το σύμπαν διαστέλλεται αενάως, με αποτέλεσμα σταδιακά να αδειάζει και να σκοτεινιάζει, και στην άλλη το σύμπαν γίνεται κυριολεκτικά θρύψαλα από μόνο του. Ύστερα ακολουθεί η αποσύνθεση κενού, η αυθόρμητη δημιουργία μιας *κβαντικής φυσαλίδας θανάτου*\* που θα καταπιεί το σύμπαν. Τέλος, θα ταξιδέψουμε στο βασίλειο των εικασιών της κυκλικής κοσμολογίας, συμπεριλαμβανομένων θεωριών με επιπλέον διαστάσεις του χώρου, με βάση τις οποίες το σύμπαν μας μπορεί να αφανιστεί από μια σύγκρουση με ένα παράλληλο σύμπαν... ξανά και ξανά και ξανά. Στο τελευταίο κεφάλαιο θα κάνουμε μια γενική ανασκόπηση και, υπό το φως των πιο πρόσφατων στοιχείων, των προερχόμενων από ειδικούς που βρίσκονται στην αιχμή του ερευνητικού δόρατος, θα δούμε ποιο σενάριο μοιάζει πιθανότερο. Επίσης, θα δούμε τι μπορούμε να περιμένουμε από τα δεδομένα των νέων τηλεσκοπίων και πειραμάτων, με την προοπτική να απαντηθεί οριστικά το ερώτημα.

Το τι σημαίνουν όλα αυτά για εμάς ως ανθρώπινα όντα, που ζούμε τις μικρές μας ζωές μέσα στην αδιάφορη αυτή απεραντοσύνη, είναι τελείως άλλο ερώτημα. Στον επίλογο θα παρουσιάσουμε ένα εύρος απόψεων επ' αυτού και θα συζητήσουμε κατά πόσο η ίδια η συνείδηση θα μπορούσε να επιβιώσει με κάποιο τρόπο της καταστροφής μας.\*\*

Δεν γνωρίζουμε ακόμη αν η συντέλεια του σύμπαντος θα περιλαμβάνει πάγο, φωτιά ή κάτι πολύ πιο εξώκοσμο. Αυτό που γνωρίζουμε

---

\* Τυπικά αποκαλείται «φυσαλίδα αληθινού κενού» και, για να λέμε την αλήθεια, κι αυτό δυσσώωνο ακούγεται.

\*\* Κι άλλο spoiler: σκούρα τα πράγματα.

είναι πως αποτελεί ένα τεράστιο, όμορφο και πραγματικά εκπληκτικό μέρος, το οποίο αξίζει να καταβάλουμε κάθε προσπάθεια να εξερευνήσουμε – όσο ακόμη μπορούμε.

## ΑΠΟ ΤΗ ΜΕΓΑΛΗ ΕΚΡΗΞΗ ΣΤΟ ΣΗΜΕΡΑ

Κάθε αρχή ενέχει και απαιτεί ένα τέλος.

*Ann Leckie, Η δικαιοσύνη της Τόρεν*

Λατρεύω τις ιστορίες με ταξίδια στον χρόνο. Είναι πολύ εύκολο να μπαίνουμε σε λεπτολογίες για τη φυσική των χρονομηχανών ή να χαλιόμαστε με τα διάφορα παράδοξα που προκύπτουν. Είναι ωστόσο μια ελκυστική ιδέα: ότι μπορεί με κάποιο τρόπο να βρούμε ένα κόλπο που θα μας δώσει πρόσβαση στο παρελθόν και το μέλλον, που θα μας επιτρέψει να κατέβουμε από αυτό το ξέφρενο τρένο που ονομάζεται «το τώρα» και τρέχει ιλιγγιωδώς προς κάποιον άγνωστο προορισμό. Ο γραμμικός χρόνος φαντάζει τόσο περιοριστικός, κι αληθινή σπατάλη εδώ που τα λέμε – γιατί πρέπει να στερούμαστε για πάντα όλο αυτόν τον χρόνο, όλες αυτές τις διαφορετικές δυνατότητες, μόνο και μόνο επειδή προχώρησαν λίγο οι δείκτες του ρολογιού; Μπορεί να έχουμε πλέον συνηθίσει αυτή τη χρονολογική καταπίεση, όμως αυτό δεν σημαίνει πως οφείλει να μας αρέσει.

Ευτυχώς μπορεί να μας βοηθήσει η κοσμολογία. Όχι από κάποια πρακτική σκοπιά, φυσικά – εξακολουθούμε να μιλάμε για έναν σχετικά απόκρυφο κλάδο της φυσικής, ο οποίος δεν θα σας βοηθήσει με κανέναν τρόπο να ξαναβρείτε την ομπρέλα που ξεχάσατε χτες στο βαγόνι του τρένου. Η κοσμολογία βοηθάει με την έννοια πως η ζωή σας παραμένει ακριβώς η ίδια, όμως κυριολεκτικά οτιδήποτε άλλο αφορά την ύπαρξη αλλάζει ριζικά και αμετάκλητα.

Για έναν κοσμολόγο, το παρελθόν δεν είναι κάποιο άφιαστο, χα-

μένο βασίλειο. Είναι ένα υπαρκτό μέρος, ένα παρατηρήσιμο κομμάτι του σύμπαντος, και εκεί περνάμε τις περισσότερες εργάσιμες ώρες μας. Καθισμένοι στα ήσυχια γραφεία μας, έχουμε τη δυνατότητα να παρακολουθούμε την εξέλιξη αστρονομικών γεγονότων που έλαβαν χώρα πριν από εκατομμύρια, ή και δισεκατομμύρια χρόνια. Μάλιστα, το κόλπο δεν έχει να κάνει ειδικά με την κοσμολογία, αλλά είναι εγγενές στη δομή του σύμπαντος μέσα στο οποίο ζούμε.

Όλα έχουν να κάνουν με το γεγονός πως το φως χρειάζεται χρόνο για να ταξιδέψει. Η ταχύτητα του φωτός είναι μεγάλη –γύρω στα 300 εκατομμύρια μέτρα ανά δευτερόλεπτο–, αλλά δεν είναι άπειρη. Με καθημερινούς όρους, όταν ανάβετε έναν φακό, το φως που βγαίνει από μέσα του καλύπτει γύρω στα τριάντα εκατοστά ανά νανοδευτερόλεπτο, κι άλλο τόσο χρειάζεται για να φτάσει σε εσάς η αντανάκλαση από το αντικείμενο που φωτίζετε. Για την ακρίβεια, όποτε κοιτάζετε το στιδήποτε, κοιτάζετε το φως από το αντικείμενο που φτάνει στο μάτι σας – κι όταν φτάνει, έχει λιγάκι μπαγιατέψει. Ένας άνθρωπος που κάθεται στον απέναντι τοίχο της καφετέριας, βρίσκεται αρκετά νανοδευτερόλεπτα στο παρελθόν, πράγμα που ίσως εξηγεί εν μέρει τη νοσταλγική του έκφραση και το ξεπερασμένο γούστο του στα ρούχα. Από τη δική σας σκοπιά, όλα όσα βλέπετε βρίσκονται στο παρελθόν. Αν στρέψετε τα μάτια στη Σελήνη, τη βλέπετε όπως ήταν πριν από περίπου ένα δευτερόλεπτο. Ο Ήλιος βρίσκεται περισσότερο από οκτώ λεπτά στο παρελθόν. Όσο για τα αστέρια στον νυχτερινό ουρανό, αυτά βρίσκονται ακόμα πιο βαθιά στο παρελθόν, από μερικά χρόνια μέχρι χιλιετίες.

Η ιδέα αυτής της καθυστέρησης της άφιξης του φωτός μπορεί να σας είναι ήδη γνώριμη, όμως οι συνέπειές της είναι τεράστιες. Σημαίνει πως, ως αστρονόμοι, έχουμε τη δυνατότητα να κοιτάζουμε τον ουρανό και να παρακολουθούμε την εξέλιξη του σύμπαντος σε «πραγματικό χρόνο», από τις απαρχές του μέχρι το σήμερα. Στην αστρονομία χρησιμοποιούμε το μέγεθος «έτος φωτός» όχι απλώς επειδή είναι βολικά τεράστιο (γύρω στα 9,5 τρισεκατομμύρια χιλιόμετρα, ή 5,9 τρισεκατομμύρια μίλια), αλλά επειδή μας λέει επίσης πόσο καιρό ταξιδεύει το φως από το αντικείμενο που παρατηρούμε για να φτάσει σε εμάς. Ένας αστέρας σε απόσταση 10 ετών φωτός βρίσκεται από τη

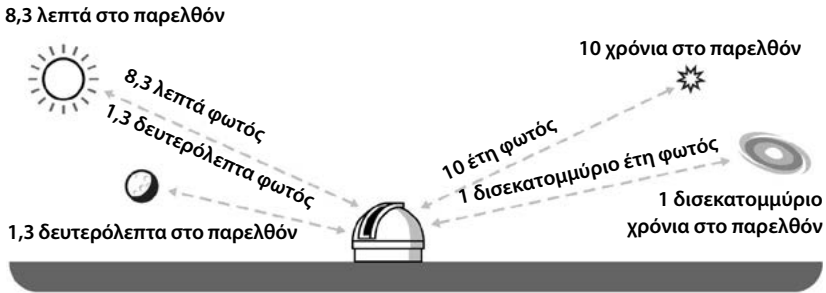
δική μας σκοπιά 10 χρόνια στο παρελθόν. Ένας γαλαξίας σε απόσταση 10 δισεκατομμυρίων ετών φωτός βρίσκεται 10 δισεκατομμύρια χρόνια στο παρελθόν. Καθότι το σύμπαν έχει ηλικία μόλις 13,8 δισεκατομμύρια χρόνια, εκείνος ο γαλαξίας που απέχει 10 δισεκατομμύρια έτη φωτός μπορεί να μας δώσει πληροφορίες για την κατάσταση στην οποία βρισκόταν το σύμπαν μας στα νιάτα του. Υπό αυτή την έννοια, στρέφοντας το βλέμμα στο σύμπαν, στρέφουμε το βλέμμα στο παρελθόν μας.

Υπάρχει μια σημαντική εξαίρεση σε όλα αυτά και θα ήταν παράλειψη εκ μέρους μου να μην την αναφέρω. Υπό στενή έννοια, δεν μπορούμε να δούμε το δικό μας παρελθόν. Η καθυστέρηση του φωτός σημαίνει πως, όσο πιο απομακρυσμένο είναι ένα αντικείμενο, τόσο πιο πίσω στο παρελθόν βρίσκεται, και η σχέση αυτή είναι αυστηρή: από τη μία δεν μπορούμε να δούμε το δικό μας παρελθόν, κι από την άλλη δεν μπορούμε να δούμε αυτούς τους απομακρυσμένους γαλαξίες στο παρόν. Όσο πιο απομακρυσμένο είναι ένα αντικείμενο, τόσο πιο μακριά βρίσκεται στην ιστορία του σύμπαντος.

Οπότε πώς μαθαίνουμε το οτιδήποτε χρήσιμο για το δικό μας παρελθόν, εφόσον βλέπουμε μόνο το παρελθόν κάποιου άλλου γαλαξία, μια φορά κι έναν καιρό και κάπου μακριά;\* Έχει να κάνει με μια αρχή τόσο θεμελιώδη για την κοσμολογία, ώστε φέρει κυριολεκτικά το όνομα *η κοσμολογική αρχή*. Για να το θέσουμε με απλά λόγια, πρόκειται για την ιδέα πως από όλες τις πρακτικές απόψεις το σύμπαν είναι βασικά παντού το ίδιο. Αυτό προφανώς δεν ισχύει στις ανθρώπινες κλίμακες –η επιφάνεια της Γης μάλλον διαφέρει σημαντικά από το εξώτερο διάστημα ή από το κέντρο του Ήλιου–, όμως στις αστρονομικά μεγάλες κλίμακες, όπου ολόκληροι γαλαξίες αντιμετωπίζονται ως σύνολα από κουκκίδες που δεν μας ενδιαφέρουν μεμονωμένα, το σύμπαν δείχνει ίδιο προς πάσα κατεύθυνση και παντού αποτελείται από τα ίδια πράγματα.\*\*

\* Αυτό αποτελεί μια διακριτική αναφορά στην εισαγωγή της σειράς ταινιών *Star Wars*. (Σ.τ.Μ.)

\*\* Αυτό είναι κάτι που πρόθυμα παραβλέπεται στα έργα επιστημονικής φαντασίας. Σε ένα από τα πρώτα επεισόδια του *Star Trek: The Next Generation*, το



Εικόνα 1: Χρόνοι ταξιδιού του φωτός. Μερικές φορές εκφράζουμε αποστάσεις σε δευτερόλεπτα φωτός, λεπτά φωτός και έτη φωτός διότι αυτό καθιστά σαφές για πόσο χρόνο ταξίδεψε το φως μέχρι να φτάσει σε εμάς, και επομένως πόσο πίσω στο παρελθόν κοιτάζουμε. (Καμία από τις εικόνες του βιβλίου δεν είναι σχεδιασμένη υπό κλίμακα!)

Η ιδέα αυτή έχει στενή συγγένεια με την Αρχή του Κοπέρνικου, την πάλαι ποτέ αιρετική ιδέα που διατύπωσε ο Νικόλαος Κοπέρνικος κατά τον 16ο αιώνα, ότι δηλαδή δεν κατέχουμε κάποια «προνομιακή θέση» στο σύμπαν, αλλά βρισκόμαστε σε ένα σημείο του όπως όλα τα άλλα, που μπορεί κάλλιστα να είναι τυχαίο. Όταν λοιπόν κοιτάζουμε έναν γαλαξία σε απόσταση ενός δισεκατομμυρίου ετών φωτός, και τον παρατηρούμε όπως ήταν πριν από ένα δισεκατομμύριο χρόνια, σε ένα σύμπαν ένα δισεκατομμύριο χρόνια νεότερο από το δικό μας στο εδώ και στο τώρα, είμαστε αρκετά σίγουροι πως οι συνθήκες εδώ, πριν από ένα δισεκατομμύριο χρόνια, θα ήταν αρκετά παρόμοιες. Μάλιστα, ως έναν βαθμό, αυτό μπορεί να επαληθευτεί με βάση τις παρατηρήσεις μας. Από τις μελέτες της κατανομής των γαλαξιών στο σύμπαν, η ομοιομορφία την οποία υποθέτει η κοσμολογική αρχή επαληθεύεται όπου κι αν έχουμε κοιτάξει.

---

*Εντεπράϊζ* διανύει κατά λάθος ένα δισεκατομμύριο έτη φωτός μέσα σε λίγα δευτερόλεπτα, και το μέρος στο οποίο καταλήγει είναι κάποιου είδους άβυσσος αποτελούμενη από απαστράπτουσα, γαλαξία ενέργεια και καθαρή σκέψη – κάτι το οποίο, αν υπήρχε στην πραγματικότητα, να είστε βέβαιοι πως θα το ανίχνευαν τα τηλεσκόπια μας.



Το συμπέρασμα που προκύπτει από όλα αυτά είναι πως, αν θέλουμε να μάθουμε για την εξέλιξη του ίδιου του σύμπαντος, καθώς και για τις συνθήκες υπό τις οποίες αναπτύχθηκε ο δικός μας γαλαξίας, το μόνο που έχουμε να κάνουμε είναι *να στρέψουμε το βλέμμα σε κάτι μακρινό*.

Σημαίνει επίσης πως η κοσμολογία στην πραγματικότητα δεν διαθέτει μια καλά ορισμένη έννοια του «τώρα». Μάλλον, πιο σωστά, το «τώρα» που βιώνετε αφορά πολύ συγκεκριμένα εσάς, το πού βρίσκεστε και το τι κάνετε.\* Τι σημαίνει λοιπόν όταν λέμε πως «τώρα αυτός ο υπερκαινοφανής αστέρας εκρήγνυται», από τη στιγμή που βλέπουμε το φως του τώρα, μπορούμε να παρακολουθήσουμε την έκρηξή του τώρα, όμως το συγκεκριμένο φως ταξιδεύει για εκατομμύρια χρόνια μέχρι να φτάσει ως εμάς; Το γεγονός που παρατηρούμε βρίσκεται κατ' ουσίαν εξ ολοκλήρου στο παρελθόν, αλλά εμείς είναι τελείως αδύνατον να παρατηρήσουμε το «τώρα» του αστέρα και δεν θα έχουμε οποιαδήποτε γνώση για αυτό παρά έπειτα από εκατομμύρια χρόνια, πράγμα που για μας δεν τοποθετείται στο «τώρα», αλλά στο μέλλον.

Όταν αντιμετωπίζουμε το σύμπαν ως κάτι που υπάρχει στον *χωροχρόνο* –ένα είδος πανταχού παρόντος, συμπαντικού πλέγματος με τρεις άξονες για τον χώρο και έναν τέταρτο για τον χρόνο–, μπορούμε απλώς να φανταζόμαστε το παρελθόν και το μέλλον ως δυο απομακρυσμένα σημεία πάνω σε ένα υφαντό που απλώνεται σε ολόκληρο το σύμπαν, από την απαρχή μέχρι το τέλος του. Αν κάποιος κάθεται σ' ένα διαφορετικό σημείο αυτού του υφαντού, ένα γεγονός που για μας βρίσκεται στο μέλλον μπορεί να βρίσκεται για εκείνον στο μακρινό παρελθόν. Το φως (ή γενικά οποιαδήποτε πληροφορία) από ένα γεγονός που δεν πρόκειται να αντιληφθούμε παρά έπειτα από χιλιετίες ήδη «τώρα» διασχίζει τον χωροχρόνο προς το μέρος μας. Άρα αυτό το γεγονός βρίσκεται στο μέλλον, στο παρελθόν, ή ενδεχομένως και στα δύο; Πρόκειται καθαρά για θέμα οπτικής.

---

\* Αυτό το οφείλουμε στη σχετικότητα. Η ειδική θεωρία της σχετικότητας λέει πως ο χρόνος περνάει πιο αργά για μας όταν κινούμαστε γρήγορα. Η γενική θεωρία της σχετικότητας λέει πως ο χρόνος επιβραδύνεται όταν βρισκόμαστε κοντά σε ένα αντικείμενο με πολύ μεγάλη μάζα.

**ΟΛΑ ΟΣΑ ΘΕΛΑΤΕ ΝΑ ΜΑΘΕΤΕ  
ΓΙΑ ΤΗ ΜΟΙΡΑ ΤΟΥ ΣΥΜΠΑΝΤΟΣ  
ΑΛΛΑ ΔΕΝ ΤΟΛΜΟΥΣΑΤΕ ΝΑ ΡΩΤΗΣΕΤΕ**

Γνωρίζουμε πως το Σύμπαν από κάπου άρχισε. Με τη Μεγάλη Έκρηξη πέρασε από μια κατάσταση αδιανόητης πυκνότητας στη μορφή της κοσμικής πύρινης σφαίρας, σκορπώντας τους πρώτους σπόρους για τα πάντα, από τις μαύρες τρύπες μέχρι έναν βραχώδη πλανήτη σε τροχιά γύρω από ένα αστέρι, όπου έτυχε να αναπτυχθεί η ζωή όπως τη γνωρίζουμε. Τι θα συμβεί όμως στο Σύμπαν στο τέλος αυτής της ιστορίας; Και τι σημαίνει αυτό για μας στον παρόντα χρόνο;

Στη λαμπρή αυτή περιγραφή της εσχατολογικής κοσμολογίας, η Katie Mack με αστείρευτο χιούμορ, μας ταξιδεύει στις πέντε πιθανές εκδοχές του τέλους του σύμπαντος: στη Μεγάλη Σύνθλιψη, τον Θερμικό Θάνατο, τη Μεγάλη Θραύση, την Αποσύνθεση Κενού (αυτή που μπορεί να συμβεί ανά πάσα στιγμή!) και την Αναπήδηση. Αξιοποιώντας το χάρισμά της να κάνει τις πιο δύσκολες έννοιες εύκολα κατανοητές, το ανερχόμενο αστέρι της αστροφυσικής μάς βοηθάει να αντιληφθούμε το σύμπαν στο σύνολό του, να γνωρίσουμε τα συστατικά του στοιχεία, την εξέλιξή του, τους θεμελιώδεις νόμους που το διέπουν.

Μπορεί ακόμη να μη γνωρίζουμε αν το Τέλος του σύμπαντος θα περιλαμβάνει πάγο, φωτιά ή κάτι άλλο πιο εξώκοσμο. Αυτό όμως που γνωρίζουμε είναι πως αποτελεί ένα τεράστιο, όμορφο και πραγματικά εκπληκτικό μέρος, το οποίο αξίζει να καταβάλουμε κάθε προσπάθεια να εξερευνήσουμε — όσο ακόμη μπορούμε.

**ΜΕΤΑΦΡΑΖΕΤΑΙ ΣΕ 15 ΓΛΩΣΣΕΣ**

**ΚΑΛΥΤΕΡΟ ΒΙΒΛΙΟ ΤΗΣ ΧΡΟΝΙΑΣ (2020)  
WASHINGTON POST - ECONOMIST - NEW SCIENTIST -  
PUBLISHERS WEEKLY - GUARDIAN**

**ΣΕΙΡΑ ΟΞΥΓΟΝΟ<sub>2</sub>**

ISBN: 978-618-03-2070-1



9 786180 321609

ΒΟΗΘ. ΚΩΔ. ΜΗΧ/ΣΗΣ 82070