

CARLO ROVELLI

Η  
ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΟΤΗΤΑ  
ΔΕΝ  
ΕΙΝΑΙ  
ΑΥΤΟ  
ΠΟΥ  
ΦΑΙΝΕΤΑΙ

ΜΕΤΑΦΡΑΣΗ ΝΙΚΟΣ ΑΠΟΣΤΟΛΟΠΟΥΛΟΣ

«Ο Κάρλο Ροβέλλι είναι ο ροκ σταρ της φυσικής του 21ου αιώνα!»

*The Sunday Times*



ΕΚΔΟΣΕΙΣ  
ΠΑΤΑΚΗ

CARLO ROVELLI

Η ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΟΤΗΤΑ  
ΔΕΝ ΕΙΝΑΙ ΑΥΤΟ ΠΟΥ ΦΑΙΝΕΤΑΙ

*Από τον Δημόκριτο στην κβαντική βαρύτητα*

ΜΕΤΑΦΡΑΣΗ  
ΝΙΚΟΣ ΑΠΟΣΤΟΛΟΠΟΥΛΟΣ



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

Carlo Rovelli, *Η πραγματικότητα δεν είναι αυτό που φαίνεται*

Τίτλος πρωτοτύπου: *La realtà non è come ci appare*

Μετάφραση: Νίκος Αποστολόπουλος

Υπεύθυνος έκδοσης: Κώστας Γιαννόπουλος

Διορθώσεις: Κώστας Σίμος

Σελιδοποίηση: Παναγιώτης Βογιατζάκης

Φιλμ, μοντάζ: Μαρία Ποινοπούλου-Ρένεση

Copyright© Raffaello Cortina Editore, 2014

Copyright© για την ελληνική γλώσσα Σ. Πατάκης ΑΕΕΔΕ

(Εκδόσεις Πατάκη), 2017

Πρώτη έκδοση στην ιταλική γλώσσα από τις εκδόσεις

Raffaello Cortina, Μιλάνο, 2014

Πρώτη έκδοση στην ελληνική γλώσσα από τις Εκδόσεις Πατάκη,

Αθήνα, Δεκέμβριος 2019

KET B518 ΚΕΠ 309/19

ISBN 978-960-16-8091-0



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: ΚΟΡΙΝΘΙΑΣ (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](mailto:info@patakis.gr), [sales@patakis.gr](mailto:sales@patakis.gr)

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Σημείωμα του συγγραφέα 9

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Περπατώντας στην ακτή 13

ΠΡΩΤΟ ΜΕΡΟΣ

*Οι ρίζες*

ΕΝΑ

Οι κόκκοι 23

ΔΥΟ

Οι κλασικοί 57

ΔΕΥΤΕΡΟ ΜΕΡΟΣ

*Η αρχή της επανάστασης*

ΤΡΙΑ

Άλμπερτ 91

ΤΕΣΣΕΡΑ

Κβάντα 147

ΤΡΙΤΟ ΜΕΡΟΣ

*Ο κβαντικός χώρος και ο σχεσιακός χρόνος*

ΠΕΝΤΕ

Ο χωρόχρονος είναι κβαντικός 193

ΕΞΙ

Τα κβάντα του χώρου 211

ΕΠΤΑ

Ο χρόνος δεν υπάρχει 229

ΤΕΤΑΡΤΟ ΜΕΡΟΣ

*Πέρα από τον χώρο και τον χρόνο*

ΟΚΤΩ

Πέρα από τη Μεγάλη Έκρηξη 259

ΕΝΝΕΑ

Εμπειρικές επιβεβαιώσεις; 270

ΔΕΚΑ

Κβαντικές μαύρες τρύπες 286

ΕΝΤΕΚΑ

Το τέλος του απείρου 296

ΔΩΔΕΚΑ

Πληροφορία 306

ΔΕΚΑΤΡΙΑ

Μυστήριο 333

Σχολιασμένη βιβλιογραφία 343

Σημειώσεις 349

Ευρετήριο 355

## ΣΗΜΕΙΩΜΑ ΤΟΥ ΣΥΓΓΡΑΦΕΑ

Σε όλη τη διάρκεια της ερευνητικής ζωής μου, φίλοι ή απλά περίεργοι μου έχουν επανειλημμένως ζητήσει να τους εξηγήσω τι ακριβώς σημαίνουν οι έρευνες στην κβαντική βαρύτητα. Ρωτάνε: «Πώς είναι δυνατόν να μελετούμε νέους τρόπους σκέψης για τον χώρο και τον χρόνο;». Μου έχει επίσης πολλές φορές ζητηθεί να παρουσιάσω με εκλαϊκευτικό τρόπο τις έρευνες αυτές. Ενώ τα βιβλία για την κοσμολογία και τη θεωρία χορδών αφθονούν, δεν υπήρχε ούτε ένα βιβλίο για τις έρευνες στην κβαντική φύση του χώρου και του χρόνου, και πιο συγκεκριμένα, για την κβαντική βαρύτητα βρόχων. Εδώ και καιρό, δίσταζα να κάνω το δήμα, γιατί ήθελα να επικεντρωθώ στις έρευνές μου. Πριν από λίγα χρόνια, αφότου ολοκλήρωσα ένα σχετικό βιβλίο τεχνικής φύσεως, θεώρησα ότι χάρη στο συλλογικό έργο πολλών επιστημόνων το θέμα είχε πλέον φτάσει σε ένα επίπεδο αρκετά ώριμο ώστε να παρουσιαστεί και σε ένα εκλαϊκευτικό βιβλίο. Το τοπίο που εξερευνούμε είναι άλλωστε μαγευτικό, γιατί λοιπόν να το κρατάμε κρυμμένο;

Ωστόσο, και πάλι ανέβαλλα το εγχείρημα, γιατί δεν μπορούσα να «δω» το βιβλίο στο μυαλό μου. Πώς να εξηγήσεις έναν κόσμο χωρίς χώρο και χρόνο; Μια βραδιά το 2012, κατά τη διάρκεια μιας μακράς μοναχικής διαδρομής από την Ιταλία στη Γαλλία, συνειδητοποίησα πως για να εξηγήσεις με τρόπο κατανοητό τις διαρκείς τροποποιήσεις των εννοιών του χώρου και του χρόνου πρέπει να πιάσεις τα πράγματα από την αρχή: να ξεκινήσεις από τον Δημόκριτο και να φτάσεις μέχρι και τα κβάντα του χώρου. Σε τελική ανάλυση, έτσι κατανοώ εγώ την ιστορία. Αρχισα λοιπόν να σχεδιάζω ολόκληρο το βιβλίο στο μυαλό μου όσο οδηγούσα, και καθώς περνούσε η ώρα ενθουσιαζόμουν όλο και πιο πολύ, έως ότου κάποια στιγμή άκουσα τη σειρήνα ενός περιπολικού κι είδα τους αστυνομικούς να μου δείχνουν με νοήματα να κάνω στην άκρη – είχα ξεπεράσει κατά πολύ το όριο ταχύτητας. Οι Ιταλοί αστυνομικοί με ρώτησαν, μάλλον ευγενικά, αν είχα χάσει τα λογικά μου κι έτρεχα με τέτοια ταχύτητα. Τους εξήγησα πως μόλις είχα βρει την ιδέα που τόσον καιρό αναζητούσα. Με άφησαν να φύγω χωρίς να μου κόψουν κλήση και μου ευχήθηκαν καλή τύχη με το βιβλίο. Αυτό που κρατάτε στα χέρια σας.

Το βιβλίο γράφτηκε και εκδόθηκε, αρχικά στα ιταλικά, στις αρχές του 2014. Λίγο καιρό αργότερα, έγραψα μερικά άρθρα με θέμα τη θεμελιώδη φυσική για μια ιταλική εφημερίδα. Ο επιφανής ιταλικός εκδοτικός οίκος Adelphi μού ζήτησε να ξαναγράψω τα

άρθρα, τροποποιώντας τα έτσι ώστε να μπορούν να εκδοθούν υπό τη μορφή μικρού βιβλίου. Έτσι προέκυψαν τα *Επτά σύντομα μαθήματα φυσικής*, τα οποία, προς μεγάλη μου έκπληξη, έγιναν διεθνώς μπεστ σέλερ και δημιούργησαν έναν πανέμορφο διάυλο επικοινωνίας ανάμεσα σε μένα και τόσους υπέροχους αναγνώστες σε όλο τον κόσμο. Τα *Επτά μαθήματα* γράφτηκαν λοιπόν μετά το ανά χειράς βιβλίο, και έως έναν βαθμό αποτελούν σύνθεση ορισμένων θεμάτων που θα συναντήσετε εδώ. Εάν έχετε διαβάσει τα *Επτά σύντομα μαθήματα φυσικής* και θέλετε να μάθετε περισσότερα, να ταξιδέψετε βαθύτερα στον παράξενο κόσμο που σκιαγραφήθηκε σε εκείνο το βιβλίο, τότε εδώ θα βρείτε ό,τι αναζητάτε.

Μολονότι η εδραιωμένη φυσική παρουσιάζεται εδώ από την ιδιαίτερη προοπτική με την οποία εγώ την αντιλαμβάνομαι, πρόκειται για μια φυσική διόλου αμφιλεγόμενη. Ωστόσο, εκείνο το τμήμα του βιβλίου που περιγράφει τις τρέχουσες έρευνες στην κβαντική βαρύτητα παρουσιάζει τις τελευταίες εξελίξεις όπως εγώ προσωπικά τις κατανοώ. Πρόκειται για μια περιοχή στη μεθόριο ανάμεσα στα όσα έχουμε κατανοήσει και στα όσα ακόμα δεν κατανοούμε, ενώ πόρρω απέχουμε από την επίτευξη της όποιας ομοφωνίας. Κάποιοι από τους φίλους μου φυσικούς θα συμφωνήσουν με όσα γράφω εδώ, άλλοι πάλι όχι. Κι αυτό συμβαίνει πάντοτε με τις εν εξελίξει έρευνες στη μεθόριο της γνώσης, αλλά προτιμώ να το δηλώσω ξεκάθαρα ευθύς εξαρχής. Το παρόν βιβλίο δε μιλά με



βεβαιότητες: είναι ένα βιβλίο για την περιπέτεια της πορείας προς το άγνωστο.

Συνολικά, θα το χαρακτηρίζα «ταξιδιωτικό», βιβλίο που περιγράφει ένα από τα πιο θεαματικά ταξίδια τα οποία έκανε ποτέ η ανθρωπότητα, μακριά από τις περιορισμένες και παρωχημένες οπτικές της πραγματικότητας, προς μια διαρκώς διευρυνόμενη κατανόηση της δομής των πραγμάτων. Ένα μαγικό ταξίδι μακριά από την κοινοτοπία των πραγμάτων, το οποίο απέχει ακόμα πολύ από τον τελικό προορισμό του.

Μασσαλία, 4 Μαΐου 2016

## Περπατώντας στην ακτή

Έχουμε εμμονή με τον εαυτό μας. Μελετούμε την ιστορία μας, την ψυχολογία μας, τη φιλοσοφία μας, τους θεούς μας. Οι περισσότερες γνώσεις μας περιστρέφονται γύρω από τον ίδιο τον άνθρωπο, σάμπως να είμαστε εμείς το πιο σημαντικό πράγμα στο σύμπαν. Νομίζω ότι μου αρέσει η φυσική γιατί ανοίγει ένα παράθυρο μέσα από το οποίο μπορούμε να δούμε πιο μακριά. Γιατί μου δίνει την αίσθηση καθαρού αέρα που έρχεται και γεμίζει το σπίτι.

Κι αυτό που βλέπουμε εκεί έξω μέσα από το παράθυρο μας εκπλήσσει διαρκώς. Έχουμε μάθει πάρα πολλά για το σύμπαν. Μετά από πολλούς αιώνες συνειδητοποιήσαμε τελικά πόσες λανθασμένες ιδέες είχαμε. Πιστεύαμε ότι η Γη είναι επίπεδη και ότι αποτελεί το ακίνητο κέντρο του κόσμου. Ότι το σύμπαν είναι μικρό και αμετάβλητο. Πιστεύαμε ότι ο άνθρωπος είναι ένα ξεχωριστό είδος, χωρίς συγγένεια με τα άλλα ζώα. Μάθαμε για την ύπαρξη των κουάρκ, των μαύρων τρυπών, των σωματιδίων του φωτός, των κυμάτων του χώρου και των εκπληκτικών μο-

ριακών δομών κάθε κυττάρου του σώματός μας. Το ανθρώπινο είδος μοιάζει με παιδί που μεγαλώνει και ανακαλύπτει με έκπληξη ότι ο κόσμος αποτελείται όχι μόνο από το δωμάτιό του και την παιδική χαρά, αλλά ότι είναι τεράστιος, και ότι υπάρχουν χιλιάδες άλλα πράγματα να ανακαλύψει, αμέτρητες ιδέες αρκετά διαφορετικές από εκείνες με τις οποίες ξεκίνησε να αντιλαμβάνεται τα πράγματα. Το σύμπαν έχει πάμπολλες όψεις και δε μοιάζει να τελειώνει πουθενά, καθώς συνεχώς σκοντάφτουμε πάνω σε καινούριες πτυχές του. Όσο πιο πολλά μαθαίνουμε για τον κόσμο, τόσο περισσότερο μας εκπλήσσει η ποικιλομορφία του, η ομορφιά και η απλότητά του.

Αλλά και όσο πιο πολλά ανακαλύπτουμε, τόσο περισσότερο αντιλαμβανόμαστε πως αυτά που ακόμα δε γνωρίζουμε ξεπερνούν εκείνα που ήδη κατέχουμε. Όσο πιο ισχυρά γίνονται τα τηλεσκοπία μας, τόσο πιο παράδοξοι και αναπάντεχοι γίνονται οι ουρανοί που παρατηρούμε. Όσο πιο βαθιά διεισδύουμε στις πιο μικρές λεπτομέρειες της ύλης, τόσο περισσότερο ανακαλύπτουμε το βάθος της δομής της. Σήμερα βλέπουμε σχεδόν μέχρι τη Μεγάλη Έκρηξη, 14 δισεκατομμύρια χρόνια πριν, από την οποία γεννήθηκαν όλοι οι γαλαξίες – αλλά έχουμε ήδη αρχίσει να ρίχνουμε κλεφτές ματιές και πέρα από αυτήν. Μάθαμε ότι ο χώρος είναι καμπυλωμένος, αλλά ήδη διακρίνουμε ότι ο ίδιος αυτός χώρος υφαίνεται από δονούμενους κβαντικούς κόκκους.

Οι γνώσεις μας για τη στοιχειώδη γραμματική

του κόσμου συνεχίζουν να αυξάνονται. Εάν επιχειρήσουμε να συγκεντρώσουμε όσα μάθαμε για τον φυσικό κόσμο τον εικοστό αιώνα, τότε η εικόνα που θα σχηματιστεί θα είναι βαθιά διαφορετική από όσα διδαχθήκαμε στο σχολείο. Αναδύεται μια νέα στοιχειώδης δομή του κόσμου, παραγόμενη από ένα πλήθος κβαντικών συμβάντων, όπου χώρος και χρόνος δεν υπάρχουν. Τα κβαντικά πεδία δίνουν μορφή στον χώρο, τον χρόνο, την ύλη και το φως, ανταλλάσσοντας πληροφορίες μεταξύ των συμβάντων. Η πραγματικότητα είναι ένα δίκτυο από κοκκώδη γεγονότα. Η δυναμική που τα συνδέει είναι πιθανοκρατική. Ανάμεσα σε ένα συμβάν και σε ένα άλλο, ο χώρος, ο χρόνος, η ύλη και η ενέργεια διαλύονται σε ένα νέφος πιθανότητας.

Αυτός ακριβώς ο παράξενος νέος κόσμος αναδύεται σήμερα σταδιακά από τη μελέτη του βασικού ερωτήματος που θέτει η θεμελιώδης φυσική: της λεγόμενης κβαντικής βαρύτητας. Είναι το πρόβλημα της σύνθεσης σε ένα ενιαίο όλον των όσων έχουμε μάθει για τον κόσμο μέσα από τις δύο βασικές ανακαλύψεις της φυσικής του εικοστού αιώνα: τη γενική σχετικότητα και την κβαντική θεωρία. Στην κβαντική βαρύτητα, και στον παράξενο κόσμο που ξετυλίγεται μέσα από την έρευνά της, είναι αφιερωμένο το βιβλίο που κρατάτε στα χέρια σας.

Το βιβλίο καλύπτει τις τρέχουσες ερευνητικές εξελίξεις: τι μαθαίνουμε, τι γνωρίζουμε ήδη και τι νομίζουμε ότι αρχίζουμε να καταλαβαίνουμε, για τη

στοιχειώδη φύση των πραγμάτων. Πιάνει το νήμα από την αρχή, από τις πρώτες βασικές ιδέες που ακόμα χρησιμοποιούμε για να οργανώσουμε την κατανόηση του κόσμου, και στη συνέχεια περιγράφει τις δύο μεγάλες ανακαλύψεις του εικοστού αιώνα —τη γενική σχετικότητα του Αϊνστάιν και την κβαντική μηχανική— επιχειρώντας να εστιάσει στον πυρήνα του φυσικού περιεχομένου τους. Μιλάει για την εικόνα του κόσμου που σήμερα αναδύεται από τις έρευνες στην κβαντική βαρύτητα, αν λάβουμε υπόψη μας και τις τελευταίες ενδείξεις που μας αποκαλύπτει η φύση, όπως είναι η επιβεβαίωση του κοσμολογικού καθιερωμένου μοντέλου, επίτευγμα που οφείλουμε στον δορυφόρο Planck και την έλλειψη παρατήρησης στο CERN των υπερσυμμετρικών σωματιδίων που τόσοι ανέμεναν. Και εξετάζει τις συνέπειες αυτών των ιδεών: την κοκκώδη δομή του χώρου, την εξαφάνιση του χρόνου σε μικρές κλίμακες, τη φυσική της Μεγάλης Έκρηξης, την προέλευση της θερμότητας των μαύρων τρυπών —μέχρι και τον ρόλο της πληροφορίας στα θεμέλια της φυσικής.

Στην περίφημη αλληγορία του σπηλαίου που αφηγείται ο Πλάτωνας στο έβδομο βιβλίο της *Πολιτείας* του, κάποιοι άνθρωποι είναι αλυσοδεμένοι βαθιά σε ένα σκοτεινό σπήλαιο και βλέπουν μόνο τις σκιές που ρίχνει πάνω σε έναν τοίχο μια φωτιά από πίσω τους. Πιστεύουν ότι αυτή είναι η πραγματικότητα. Ένας από τους δεσμώτες απελευθερώνεται, βγαίνει από το σπήλαιο και ανακαλύπτει το φως του Ήλιου και

τον κόσμο που απλώνεται έξω από αυτό. Αρχικά, το φως, στο οποίο δεν έχουν συνηθίσει τα μάτια του, του προκαλεί ζάλη και σύγχυση. Τελικά όμως καταφέρνει να δει και επιστρέφει ενθουσιασμένος στους συντρόφους του για να τους αφηγηθεί τα όσα αντίκρισε. Κι αυτοί δυσκολεύονται να τον πιστέψουν.

Βρισκόμαστε όλοι στα βάθη ενός σπηλαιίου, αλυσοδεμένοι από την άγνοιά μας, από τις προκαταλήψεις μας, και οι ασθενικές αισθήσεις μας μας αποκαλύπτουν μόνο σκιές. Εάν προσπαθήσουμε να δούμε πιο πέρα, μπερδευόμαστε, γιατί δεν έχουμε συνηθίσει. Αλλά προσπαθούμε. Αυτό είναι η επιστήμη. Η επιστημονική σκέψη εξερευνά και ξανασχεδιάζει τον κόσμο, προσφέροντάς μας σταδιακά όλο και πιο βελτιωμένες εικόνες του, διδάσκοντάς μας να σκεφτόμαστε με ολοένα πιο αποτελεσματικούς τρόπους. Η επιστήμη είναι μια διαρκής εξερεύνηση νέων τρόπων σκέψης. Η δύναμή της είναι αυτή ακριβώς η ικανότητά της να οραματίζεται προκειμένου να αποδομεί προϋπάρχουσες ιδέες, να αποκαλύπτει νέες περιοχές της πραγματικότητας και να δομεί πρωτόγνωρες και πιο ακριβείς εικόνες του κόσμου. Η περιπέτεια αυτή πατάει πάνω σε όλη τη γνώση του παρελθόντος, αλλά στην καρδιά της βρίσκεται η αλλαγή. Ο κόσμος είναι ατελείωτος και ιριδίζων. Θέλουμε να βγούμε έξω και να τον εξερευνήσουμε. Είμαστε εμβαπτισμένοι στο μυστήριό του και στην ομορφιά του, και πέρα από τον ορίζοντα βρίσκεται μια ανεξερεύνητη επικράτεια. Η ατέλεια και η αβε-

βαιότητα της γνώσης μας, η αστάθειά μας, αιωρούμενη πάνω από την άβυσσο της απεραντοσύνης των όσων δε γνωρίζουμε, δεν καθιστά τούτο τον κόσμο άνευ νοήματος. Απεναντίας, του προσδίδει περισσότερο ενδιαφέρον και αξία.

Έγραψα το ανά χείρας βιβλίο για να περιγράψω τι σημαίνει για μένα το θαύμα αυτής της περιπέτειας. Το έγραψα έχοντας κατά νου έναν συγκεκριμένο αναγνώστη: κάποιον που γνωρίζει ελάχιστα ή τίποτα για τη σημερινή φυσική αλλά θέλει να μάθει όσα γνωρίζουμε, όπως επίσης και όσα ακόμα δεν κατανοούμε, για τη στοιχειώδη ύφανση του κόσμου – και πού τα ψάχνουμε. Και το έγραψα σε μια προσπάθεια να επικοινωνήσω τη συγκλονιστική ομορφιά του πανοράματος της πραγματικότητας που μπορεί κανείς να δει από αυτή την οπτική γωνία.

Το έγραψα επίσης για τους συναδέλφους μου, τους συνταξιδιώτες που είναι σκορπισμένοι σε όλο τον κόσμο, καθώς και για τις νέες γυναίκες και άντρες που έχουν πάθος για την επιστήμη και ανυπομονούν να ξεκινήσουν κι αυτοί το ταξίδι. Επιδίωξα να σκιαγραφήσω το γενικότερο τοπίο της δομής που διέπει τον φυσικό κόσμο, όπως φαίνεται κάτω από το δυνατό φως της σχετικότητας και της κβαντικής φυσικής, και να δείξω πώς μπορούν αυτές οι δύο οπτικές να συνδυαστούν. Δεν πρόκειται απλά για βιβλίο γνώσεων. Είναι επίσης και βιβλίο που αρθρώνει άποψη, σε ένα πεδίο ερευνών όπου η αφαιρετική φύση της τεχνικής γλώσσας μπορεί μερικές φορές να θολώσει

την ευρυγώνια όραση. Η επιστήμη απαρτίζεται από πειράματα, υποθέσεις, εξισώσεις, υπολογισμούς και ατελείωτες συζητήσεις. Αυτά, όμως, είναι απλώς τα εργαλεία, τα όργανα του μουσικού. Στο τέλος, εκείνο που έχει σημασία στη μουσική είναι η ίδια η μουσική, και εκείνο που έχει σημασία στην επιστήμη είναι η κατανόηση του κόσμου που έρχεται να στοιχειοθετήσει η επιστήμη. Για να αντιληφθούμε τη σημασία της ανακάλυψης ότι η Γη περιφέρεται γύρω από τον Ήλιο, δε χρειάζεται να μελετήσουμε τις πολύπλοκες εξισώσεις του Κοπέρνικου. Για να κατανοήσουμε τη σημασία της ανακάλυψης ότι όλα τα έμβια όντα στον πλανήτη μας έχουν κοινούς προγόνους, δε χρειάζεται να εμβαθύνουμε στα περίπλοκα επιχειρήματα των βιβλίων του Δαρβίνου. Η επιστήμη αφορά την ανάγνωση του κόσμου από μια διαρκώς διευρυνόμενη οπτική γωνία.

Στο βιβλίο περιγράφεται το πού έχουν φτάσει σήμερα οι έρευνες για τη νέα εικόνα μας για τον κόσμο, όπως εγώ τις αντιλαμβάνομαι. Είναι ουσιαστικά η απάντηση που θα έδινα σε έναν συνάδελφο ή σε έναν φίλο αν με ρωτούσε: «Ποια λοιπόν πιστεύεις ότι είναι η αληθινή φύση των πραγμάτων;», την ώρα που θα περπατούσαμε στην ακτή, ένα μακρύ καλοκαιρινό απόγευμα.



## ΟΙ ΡΙΖΕΣ

*Το βιβλίο μάς μεταφέρει αρχικά στην αρχαία Μίλητο, είκοσι έξι αιώνες πριν. Γιατί άραγε να ξεκινήσω ένα βιβλίο για την κβαντική βαρύτητα από γεγονότα, ανθρώπους και ιδέες τόσο μακρινές; Ας μη βιαστεί να με κατηγορήσει για αυτό ο αναγνώστης που ανυπομονεί να φτάσει στα κβάντα του χώρου. Γιατί είναι πράγματι ευκολότερο να κατανοήσεις νέες ιδέες αρχινώντας με τις ιδέες από τις οποίες προήλθαν, πολλές δε ιδέες που αποδείχτηκαν αποτελεσματικές για την κατανόηση του κόσμου μας έχουν ηλικία μεγαλύτερη από δύο χιλιάδες χρόνια. Εάν παρακολουθήσουμε εν συντομία τη γέννησή τους, γίνονται πιο ξεκάθαρες, και τα μεταγενέστερα βήματα αποδεικνύονται απλούστερα και πιο φυσικά.*

*Τα πράγματα όμως δε σταματούν εδώ. Ορισμένα προβλήματα που τέθηκαν για πρώτη φορά στην αρχαιότητα συνεχίζουν να παίζουν κεντρικό ρόλο στην κατανόηση του κόσμου. Μερικές από τις πιο πρόσφατες ιδέες για τη δομή του χώρου κάνουν χρήση εννοιών και θεμάτων που εισήχθησαν τότε. Μιλώντας για αυτές τις μακρινές ιδέες, φέρνω στο προσκήνιο ερωτήματα που θα παίζουν*

κεντρικό ρόλο στην κβαντική βαρύτητα. Με αυτό τον τρόπο καταφέρνουμε επίσης, κατά την πραγμάτευση της κβαντικής βαρύτητας, να ξεχωρίσουμε τις ιδέες εκείνες που ανάγονται στις αρχές της επιστημονικής σκέψης —ακόμα κι αν δεν είμαστε εξοικειωμένοι μαζί τους— από τις ριζικά καινούριες. Η σχέση μεταξύ προβλημάτων που τέθηκαν από επιστήμονες της αρχαιότητας, και λύσεων που δόθηκαν από τον Αϊνστάιν και την κβαντική βαρύτητα, αποδεικνύεται, όπως θα δούμε, απρόσμενα στενή.