



**JOHN GRIBBIN**  
**Μια βιογραφία του Σύμπαντος**

Πρόλογος: Γιώργος Γραμματικάκης

ΜΕΤΑΙΧΜΙΟ 

## Περιεχόμενα

Πρόλογος της ελληνικής έκδοσης .....	11
Προλεγόμενα. Προς τι μια βιογραφία; .....	17
1. Πώς γνωρίζουμε όσα νομίζουμε πως γνωρίζουμε; .....	23
2. Υπάρχει μια Θεωρία των Πάντων; .....	57
3. Πώς ξεκίνησε το Σύμπαν; .....	85
4. Πώς αναπτύχθηκε το πρώιμο Σύμπαν; .....	111
5. Πώς προέκυψε η παρατηρούμενη δομή του Σύμπαντος; .....	141
6. Τι είναι αυτό που συγκρατεί το Σύμπαν; .....	177
7. Πώς προέκυψαν τα χημικά στοιχεία; .....	215
8. Πώς δημιουργήθηκε το Ηλιακό Σύστημα; .....	249
9. Πώς δημιουργήθηκε η ζωή; .....	285
10. Πώς θα τελειώσουν όλα; .....	325
Ευχαριστίες .....	355
Γλωσσάρι όρων .....	357
Βιβλιογραφία .....	363
Ευρετήριο .....	365

# 1

## Πώς γνωρίζουμε όσα νομίζουμε πως γνωρίζουμε;

Τι εννοούν οι επιστήμονες όταν λένε ότι «γνωρίζουν» τι συμβαίνει π.χ. μέσα σε ένα άτομο ή τι συνέβη στη διάρκεια των πρώτων τριών λεπτών της ζωής του Σύμπαντος; Εννοούν ότι έχουν αυτό που αποκαλούν μοντέλο του ατόμου ή του πρώιμου Σύμπαντος ή, τέλος πάντων, όποιου πράγματος τους ενδιαφέρει και ότι το μοντέλο αυτό συμφωνεί με τα αποτελέσματα των πειραμάτων ή των παρατηρήσεών τους για τον κόσμο. Ένα τέτοιο επιστημονικό μοντέλο δεν είναι μια υπό κλίμακα αναπαράσταση της πραγματικότητας, όπως ένα μοντέλο αεροπλάνου αντιστοιχεί στο κανονικό αεροπλάνο, αλλά μια νοητή εικόνα που περιγράφεται από μαθηματικές εξισώσεις. Για παράδειγμα, τα άτομα και τα μόρια που συνθέτουν τον αέρα τον οποίο αναπνέουμε είναι δυνατόν να περιγραφούν μέσω ενός μοντέλου, όπου φανταζόμαστε κάθε σωματίδιο σαν μία απόλυτα ελαστική μικρή σφαίρα (μια μικροσκοπική μπάλα του μπιλιάρδου) και όλες τις σφαίρες να συγκρούονται ελαστικά με τα τοιχώματα του δοχείου και μεταξύ τους.<sup>1</sup>

Αυτή είναι η νοητική εικόνα, αλλά αποτελεί μόνο το ήμισυ του μοντέλου· αυτό που το καθιστά *επιστημονικό* μοντέλο είναι το γεγονός ότι ο τρόπος με τον οποίο κινούνται και συγκρούονται μεταξύ τους οι σφαίρες περιγράφεται από φυσι-

---

1. Ελαστική σύγκρουση σημαίνει ότι οι σφαίρες και τα τοιχώματα δεν παραμορφώνονται κατά τη μεταξύ τους κρούση. (Σ.τ.Μ.)

κούς νόμους, οι οποίοι γράφονται με όρους μαθηματικών εξισώσεων. Στην παρούσα περίπτωση, αυτοί είναι κατ' ουσία οι νόμοι της κίνησης, οι οποίοι ανακαλύφθηκαν από τον Ισαάκ Νεύτωνα πάνω από 300 χρόνια πριν. Χρησιμοποιώντας τους μαθηματικούς αυτούς νόμους, είναι δυνατόν να προβλέψουμε, για παράδειγμα, τι θα συμβεί με την πίεση που ασκεί ένα αέριο, αν συμπιεστεί στον μισό από τον αρχικό όγκο του. Αν κάνετε το πείραμα, το αποτέλεσμα που λαμβάνετε ταιριάζει με την πρόβλεψη του μοντέλου (εν προκειμένω, η πίεση θα διπλασιαστεί), πράγμα που το καθιστά καλό μοντέλο.

Δεν θα έπρεπε βεβαίως να μας εκπλήσσει το γεγονός ότι το τυπικό μοντέλο του αερίου, το οποίο περιγράφεται σαν μικρές σφαίρες οι οποίες κινούνται με βάση τους νόμους του Νεύτωνα, προβλέπει σωστά το αποτέλεσμα: Πρώτα έγιναν τα πειράματα και έπειτα σχεδιάστηκε (ή κατασκευάστηκε) το μοντέλο, ώστε να συμφωνεί με τα αποτελέσματα των πειραμάτων. Το επόμενο στάδιο της επιστημονικής διαδικασίας είναι να χρησιμοποιήσετε το μοντέλο που αναπτύξατε από τις μετρήσεις σε μια σειρά πειραμάτων, για να κάνετε προβλέψεις (ακριβείς, μαθηματικές προβλέψεις) αναφορικά με το τι θα συμβεί στο ίδιο σύστημα, αν εκτελέσετε διαφορετικά πειράματα. Αν δώσει «σωστές» προβλέψεις για τα νέα πειράματα, συμπεραίνουμε ότι πρόκειται για καλό μοντέλο· αν όχι, ενδέχεται να μην είναι τελείως απορριπτό, καθότι εξακολουθεί να μας παρέχει χρήσιμες πληροφορίες για τα αρχικά πειράματα, αλλά, στην καλύτερη περίπτωση, η χρήση του ως εργαλείου πρόβλεψης είναι περιορισμένη.

Για την ακρίβεια, όλα τα μοντέλα έχουν περιορισμένη ισχύ. Κανένα τους δεν αποτελεί «την αλήθεια». Το μοντέλο του ατόμου ως απόλυτα ελαστικής μικρής σφαίρας λειτουργεί άψογα για τον υπολογισμό των μεταβολών στην πίεση ενός αερίου υπό διαφορετικές συνθήκες αλλά, αν θέλετε να περιγράψετε τον τρόπο με τον οποίο ένα άτομο απορροφά ή

εκπέμπει φως, χρειάζεστε ένα μοντέλο με δύο τουλάχιστον στοιχεία: έναν μικροσκοπικό κεντρικό πυρήνα (ο οποίος, σε ορισμένες περιπτώσεις, εξυπηρετεί να θεωρείται ο ίδιος μια μικρή ελαστική σφαίρα) και ένα νέφος ηλεκτρονίων το οποίο τον περιβάλλει. Τα επιστημονικά μοντέλα είναι αναπαραστάσεις της πραγματικότητας και όχι η ίδια η πραγματικότητα και, άσχετα με το πόσο καλά λειτουργούν ή πόσο ακριβείς είναι οι προβλέψεις τους, υπό προϋποθέσεις πρέπει πάντοτε να θεωρούνται προσεγγίσεις και βοηθήματα για τη φαντασία μας, παρά η απόλυτη αλήθεια. Όταν, για παράδειγμα, ένας επιστήμονας σας λέει ότι ο πυρήνας ενός ατόμου αποτελείται από σωματίδια που ονομάζονται πρωτόνια και νετρόνια, το σωστό είναι ότι, υπό ορισμένες συνθήκες, ο πυρήνας του ατόμου συμπεριφέρεται *σαν να αποτελείται* από πρωτόνια και νετρόνια. Οι καλύτεροι επιστήμονες θεωρούν αυτό το «σαν να» αυτονόητο, αλλά αντιλαμβάνονται ότι τα μοντέλα τους είναι, πράγματι, απλώς μοντέλα· οι όχι και τόσο καλοί επιστήμονες συχνά ξεχνούν αυτή την πολύ σημαντική διάκριση.

Οι όχι και τόσο καλοί επιστήμονες, καθώς και αυτοί που δεν είναι επιστήμονες, κάνουν και μια άλλη παρανόηση: Συχνά πιστεύουν ότι ο ρόλος των επιστημόνων σήμερα είναι να κάνουν πειράματα, ώστε να βελτιώσουν την ακρίβεια των μοντέλων τους με όλο και περισσότερα δεκαδικά ψηφία. Τουναντίον! Ο λόγος της διεξαγωγής πειραμάτων που διερευνούν τις πρωτότερες ανεπιβεβαίωτες προβλέψεις των μοντέλων είναι να βρεθεί πού καταρρέουν τα εν λόγω μοντέλα. Οι καλύτεροι φυσικοί ελπίζουν με λαχτάρα να βρεθούν ελαττώματα στα μοντέλα τους, καθώς τα ελαττώματα αυτά –όσα τα μοντέλα δεν μπορούν να προβλέψουν με ακρίβεια ή ακόμα και με λεπτομέρεια– υποδεικνύουν πού θα χρειαστούμε μια νέα θεώρηση, με καλύτερα μοντέλα, ώστε να προοδεύσουμε. Ένα αρχετυπικό παράδειγμα αποτελεί η βαρύτητα. Ο

νόμος της βαρύτητας του Ισαάκ Νεύτωνα θεωρούνταν το πλέον εμπειριστατωμένο κομμάτι της φυσικής γνώσης πάνω από 200 χρόνια – από το 1680 μέχρι και τις αρχές του 20ού αιώνα. Υπήρχαν ωστόσο μερικά φαινομενικά ασήμαντα πράγματα, τα οποία το νευτώνειο μοντέλο δεν μπορούσε να εξηγήσει (ή να προβλέψει), αναφορικά με την τροχιά του Ερμή και την καμπύλωση του φωτός όταν περνάει δίπλα από τον Ήλιο. Το μοντέλο του Albert Einstein για τη βαρύτητα, βασισμένο στη γενική του θεωρία της σχετικότητας,<sup>2</sup> εξηγεί όλα και το μοντέλο του Νεύτωνα, αλλά εξηγεί *επίσης* αυτές τις μικρές λεπτομέρειες σχετικά με τις πλανητικές τροχιές και την καμπύλωση του φωτός. Υπό αυτή την έννοια, είναι ένα μοντέλο καλύτερο από το προηγούμενο και κάνει σωστές προβλέψεις (συγκεκριμένα, για το Σύμπαν ευρύτερα), τις οποίες αδυνατεί να κάνει το παλιό. Ωστόσο, το μοντέλο του Νεύτωνα είναι το μόνο που χρειάζεστε για να υπολογίσετε την τροχιά ενός δορυφόρου από τη Γη στη Σελήνη. Θα μπορούσατε να κάνετε τους ίδιους υπολογισμούς με τη χρήση της γενικής θεωρίας της σχετικότητας, αλλά θα ήταν πιο κουραστικό και θα σας έδινε τα ίδια αποτελέσματα, οπότε γιατί να μπειτε στον κόπο;

Το μεγαλύτερο μέρος του παρόντος βιβλίου αφορά πράγματα που *νομίζουμε* πως γνωρίζουμε – μοντέλα που φαίνονται καλά, στο βαθμό που έχουν ελεγχθεί, τα οποία όμως

---

2. Ο όρος «θεωρία» συχνά χρησιμοποιείται για να περιγράψει αυτά που εγώ αποκαλώ μοντέλα. Γενικά, προτιμώ τον όρο «μοντέλο», διότι σε σύγκριση με τον όρο «θεωρία» είναι λιγότερο παραπλανητικό για όσους δεν είναι επιστήμονες. Σε ορισμένες περιπτώσεις, όμως, και ειδικά στην περίπτωση της θεωρίας του Einstein, η λέξη είναι τόσο άρρηκτα συνδεδεμένη με το όνομα, ώστε η χρήση της γίνεται αναπόφευκτη. Ωστόσο, ό,τι έχω πει για τα επιστημονικά μοντέλα άπεται και των επιστημονικών θεωριών.

αφορούν την αιχμή της σημερινής επιστημονικής έρευνας και επιδέχονται πολλές ακόμα δοκιμές. Είναι βέβαιο ότι ορισμένα από αυτά τα μοντέλα θα χρειαστούν τροποποιήσεις, καθώς γίνονται νέα πειράματα και συνεχίζουμε να παρατηρούμε το Σύμπαν. Είναι επίσης πιθανό ορισμένα από αυτά να χρήζουν απόρριψης και αντικατάστασης από νέα, τα οποία θα ενσωματώνουν μια νέα θεώρηση των πραγμάτων. Μοιάζει αρκετά με την περίπτωση του Robert Hooke, μιας σημαντικότητας φυσιογνωμίας της επιστημονικής επανάστασης του 17ου αιώνα, για τον οποίο οι ιστορικοί και οι βιογράφοι αναγκάστηκαν να αναθεωρήσουν τις απόψεις τους (τα μοντέλα τους, θα έλεγε κανείς). Ο λόγος ήταν η ανακάλυψη ενός εγγράφου-κλειδί χαμένου για αιώνες, το οποίο περιγράφει με λεπτομέρεια μερικά από τα γεγονότα της επιστημονικής ζωής του Hooke. Συχνά, τα νέα στοιχεία απαιτούν αναθεώρηση των παλαιών αντιλήψεων.

Για να θέσουμε όμως το υπόβαθρο για την περιγραφή της πορείας της επιστήμης στον 21ο αιώνα, πρέπει να ξεκινήσουμε από αυτά που νομίζουμε πως *γνωρίζουμε* – ουσιαστικά, μοντέλα που αναπτύχθηκαν στη διάρκεια του 20ού αιώνα, τα οποία υπήρξαν τόσο επιτυχή στην πρόβλεψη των πειραματικών αποτελεσμάτων και παρατηρήσεων, ώστε οι επιστήμονες έχουν σχεδόν τόση πίστη σε αυτά, όση στο μοντέλο των ελαστικών σφαιρών για τα αέρια και σε αυτό του Νεύτωνα για τη βαρύτητα (μέσα στα γνωστά όριά του). Πρόκειται για μοντέλα τα οποία, όπως εκείνο του Νεύτωνα, περιγράφουν σχεδόν τέλεια το υλικό Σύμπαν, πάντοτε μέσα στα όρια στα οποία ισχύουν. Είναι δε εξίσου σημαντικό ότι, όπως και για το μοντέλο του Νεύτωνα, γνωρίζουμε τα όρια της ισχύος τους.

Στους φυσικούς αρέσει να αναφέρονται σε αυτές τις ιδιαίτερα επιτυχημένες περιγραφές του κόσμου (ή, ακριβέστερα, συγκεκριμένων χαρακτηριστικών του κόσμου) ως «πρό-

τυπα» μοντέλα. Το μοντέλο της μπάλας του μπιλιάρδου για τα αέρια (γνωστό και ως κινητική θεωρία των αερίων, καθότι ασχολείται με σωματίδια εν κινήσει) είναι ένα πρότυπο μοντέλο. Όταν όμως οι φυσικοί μιλούν για το πρότυπο (ή καθιερωμένο) μοντέλο, αναφέρονται σε έναν από τους μεγάλους θριάμβους της επιστήμης του 20ού αιώνα, δηλαδή στο μοντέλο που περιγράφει τη συμπεριφορά των σωματιδίων και των δυνάμεων σε υποατομικό επίπεδο. Ουσιαστικά, όλα ξεκίνησαν κατά τη δεύτερη δεκαετία του 20ού αιώνα, όταν ο δανός Niels Bohr σκέφτηκε ένα νέο μοντέλο για το άτομο. Έχω περιγράψει την ιστορική ανάπτυξη της κβαντικής φυσικής στο βιβλίο μου *In Search of Schrödinger's Cat*<sup>3</sup> και δεν σκοπεύω να μπω σε λεπτομέρειες εδώ. Καθότι όμως το καθιερωμένο μοντέλο της σωματιδιακής φυσικής βασίζεται εξ ολοκλήρου στην κβαντική φυσική, απαιτείται μια μικρή ανακεφαλαίωση. Εκ πρώτης όψεως, ορισμένα από τα πράγματα που θα πούμε παρακάτω μπορεί να φανούν γνώριμα σε κάποιους αναγνώστες, αλλά δείξτε λίγη υπομονή, επειδή ελπίζω ότι η δική μου εκδοχή αυτής της συγκεκριμένης γνωστής ιστορίας δεν είναι ακριβώς ίδια με όσα πιστεύετε πως ήδη γνωρίζετε.

Το πρώτο βήμα προς αυτό τον νέο τρόπο κατανόησης της φυσικής είχε γίνει στη Γερμανία από τον Max Planck, στις αρχές του 20ού αιώνα. Ο Planck είχε ανακαλύψει ότι ο μόνος τρόπος για να ερμηνευτούν οι παρατηρούμενες εκπομπές φωτός από θερμά αντικείμενα ήταν το φως να εκπέμπεται σε μικρά πακέτα, τα αποκαλούμενα κβάντα. Την εποχή εκείνη, οι επιστήμονες αντιλαμβάνονταν το φως σαν ένα

---

3. Ελληνική έκδοση: *Κβαντική φυσική και πραγματικότητα – Ερευνώντας για τη γάτα του Σραϊντιγκερ*, Εκδόσεις Ωρόρα, Αθήνα χ.χ. (Σ.τ.Μ.)



είδος κύματος, μια ηλεκτρομαγνητική ταλάντωση, καθότι η παρατήρηση της συμπεριφοράς του φωτός σε πολλά πειράματα συμφωνούσε με τις προβλέψεις του μοντέλου για τα κύματα. Αρχικά, ούτε ο ίδιος ο Planck ούτε βέβαια και οι σύγχρονοί του πίστευαν ότι το φως *βρίσκεται γενικά* σε αυτή την κατάσταση πακέτων, παρά μόνο ότι οι ιδιότητες της ύλης – τουτέστιν, των ατόμων – το ανάγκαζαν να εκπέμπεται (ή να απορροφάται) μόνο σε συγκεκριμένες ποσότητες. Μπορείτε να δείτε κάτι ανάλογο σε μια βρύση που στάζει. Το γεγονός ότι το νερό στάζει από τη βρύση σε μικροσκοπικά «πακέτα» δεν σημαίνει ότι το νερό στη δεξαμενή που τροφοδοτεί τη βρύση βρίσκεται στην κατάσταση διακριτών σταγόνων. Το 1905, ο Albert Einstein ήταν ο πρώτος άνθρωπος των νεότερων χρόνων<sup>4</sup> που πήρε στα σοβαρά την ιδέα ότι το φως πράγματι αποτελούνταν εκ φύσεως από μικρά πακέτα, τα σωματίδια φωτός τα οποία κατέληξαν να αποκαλούνται φωτόνια – και για περίπου δέκα χρόνια ο ίδιος αποτελούσε τη μειονότητα που πίστευε κάτι τέτοιο. Όπως αποδεικνύεται, όμως, η συμπεριφορά του φωτός σε ορισμένα πειράματα πράγματι επιβεβαιώνει τις προβλέψεις του σωματιδιακού μοντέλου. Άρα και το σωματιδιακό μοντέλο πρέπει να είναι καλό! Κανένα πείραμα δεν εμφανίζει το φως να συμπεριφέρεται ταυτόχρονα σαν σωματίδιο και σαν κύμα, αλλά συμφωνεί με τις προβλέψεις καθενός από τα δύο μοντέλα, ανάλογα με την περίπτωση.

Αυτό αξίζει να ξεκαθαριστεί απόλυτα, καθότι αποτελεί ένα εξαιρετικό παράδειγμα για τα όρια των μοντέλων. Κανείς δεν θα έπρεπε ποτέ να πει (ή να σκεφτεί) ότι το φως *είναι* κύμα ή *είναι* σωματίδιο. Το μόνο που μπορούμε να πούμε, υπό

---

4. Ο Ισαάκ Νεύτων είχε φτιάξει ένα αξιοπρεπές σωματιδιακό μοντέλο για το φως, αλλά αυτό είχε υπερκεραστεί από το κυματικό μοντέλο.

τις κατάλληλες συνθήκες, είναι ότι το φως συμπεριφέρεται είτε σαν κύμα είτε σαν σωματίδιο – όπως ακριβώς, υπό συγκεκριμένες προϋποθέσεις, ένα άτομο συμπεριφέρεται σαν μια μικρή σκληρή σφαίρα ή σαν ένας μικροσκοπικός πυρήνας που περιβάλλεται από ένα νέφος ηλεκτρονίων. Εδώ δεν υπάρχει ούτε παράδοξο ούτε αντίφαση. Τα μοντέλα και η φαντασία μας έχουν τα όριά τους, διότι προσπαθούμε να περιγράψουμε κάτι το οποίο είναι, εξ ολοκλήρου, έξω από την εμπειρία των αισθήσεών μας. Η σύγχυση στην οποία βρισκόμαστε, όταν προσπαθούμε να φανταστούμε πώς είναι δυνατόν το φως να είναι τόσο κύμα όσο και σωματίδιο, αποτελεί κομμάτι αυτού που ο αμερικανός φυσικός Richard Feynman στο έργο *The Character of Physical Law* αποκάλεσε «την έκφραση μιας ανεξέλεγκτης πλην μάταιης επιθυμίας να το αντιληφθούμε με γνώριμους όρους».<sup>5</sup> Το φως αποτελεί στην πραγματικότητα ένα κβαντικό φαινόμενο το οποίο μπορεί να περιγραφεί πολύ αποτελεσματικά με μαθηματικές εξισώσεις, ωστόσο, για την περιγραφή του δεν επαρκεί καμία νοητική εικόνα από την καθημερινή ζωή μας. Όλος ο κβαντικός κόσμος είναι έτσι, και η πρώτη μεγάλη συνεισφορά του Niels Bohr στη φυσική ήταν να ενσωματώσει τα μαθηματικά της κβαντικής φυσικής σε ένα μοντέλο του ατόμου, δίχως να σκοτίζεται ιδιαίτερα αν θα «έβγαζε νόημα» σε συμβατικά, καθημερινά πλαίσια.

---

5. Ελληνική έκδοση: *Ο χαρακτήρας του φυσικού νόμου*, Π.Ε.Κ., Ηράκλειο, 1999. (Σ.τ.Μ.)

«Στον συγκλονιστικό κόσμο  
που διαρκώς αποκαλύπτεται στα έκπληκτα μάτια μας,  
το βιβλίο του Gribbin μοιάζει με έναν έγκυρο ταξιδιωτικό οδηγό.  
Αρνεϊται ωστόσο να καταφύγει σε φωτογραφίες  
που εξωραΐζουν το τοπίο και ξεκουράζουν τον ταξιδιώτη.  
Προτιμά, αντίθετα, να του υποδειξει ακόμα και τα δύσβατα μονοπάτια,  
να προκαλέσει τη σκέψη του αντί να τον κάνει να εφησυχάσει».

*Γιώργος Γραμματικάκης*

Πώς απέκτησε το Σύμπαν τις σημερινές γιγαντιαίες του διαστάσεις;

Πώς γεννήθηκε η ζωή στη Γη; Από πού προέρχονται  
τα σωματίδια ύλης από τα οποία αποτελούμαστε;

Πώς δημιουργούνται οι πλανήτες;

Και πώς τα έχουμε μάθει όλα αυτά τέλος πάντων;

Για τα ερωτήματα αυτά έχουμε μόνο προσωρινές απαντήσεις –  
είναι όμως απείρως καλύτερες από την πλήρη έλλειψη απαντήσεων.

Ο συγγραφέας μάς δίνει μια βιογραφία του μεγαλύτερου πράγματος που υπάρχει:  
του ίδιου του Σύμπαντος, από τις απαρχές μέχρι το τέλος (και πέρα απ' αυτό).

Από το Big Bang πριν από 14 δισεκατομμύρια χρόνια  
μέχρι τις τελευταίες συζητήσεις για τη σκοτεινή ύλη  
και τη θεωρία των Πάντων.

*Ο John Gribbin είναι ένας από τους μεγαλύτερους  
σύγχρονους συγγραφείς βιβλίων εκλαϊκευμένης επιστήμης.  
Απόφοιτος του Κέμπριτζ με πτυχίο στην Αστροφυσική,  
είναι σήμερα επισκέπτης εταίρος στην Αστρονομία στο Πανεπιστήμιο  
του Σάσεξ. Πολλά βιβλία του κυκλοφορούν και στην Ελλάδα  
από τις εκδόσεις Ωρόρα.*

ISBN 978-960-455-672-4



9 789604 556724

ΕΘΝ. ΚΩΔ. ΜΗΧ/ΣΗΤ. 4672