

---

●

## ΠΡΟΛΟΓΟΣ: Η απαρχή της επιστήμης

**Η** επιτυχία των γνωστών φυσικών νόμων να εξηγήσουν τον κόσμο γύρω μας έχει εκθρέψει κατ' επανάληψη ορισμένες αλαζονικές και ατάρεσκες αντιλήψεις σχετικά με την κατάσταση της ανθρωπίνης γνώσης, ιδιαίτερα όταν τα κενά στη γνώση μας για αντικείμενα και φαινόμενα θεωρούνται μικρά και ασήμαντα. Οι νομπελίστες και άλλοι διακεκριμένοι επιστήμονες δεν έχουν ανοσία σε τέτοιου είδους αντιλήψεις, και σε ορισμένες περιπτώσεις έχουν εκτεθεί εξαιτίας τους.

Μια πασίγνωστη πρόβλεψη περί του τέλους της επιστήμης διατυπώθηκε το 1894, στην ομιλία του μετέπειτα νομπελίστα Albert A. Michelson κατά την τελετή εγκαίνιων του Εργαστηρίου Φυσικής Ryerson, στο Πανεπιστήμιο του Σικάγου:

*Οι πιο σημαντικοί θεμελιώδεις νόμοι και τα κυριότερα βασικά δεδομένα της φυσικής επιστήμης έχουν στο σύνολό τους ανακαλυφθεί, και είναι πλέον τόσο αδιάσειστα εδραιωμένα που η πιθανότητα να καταρριφθούν λόγω νέων ανακαλύψεων είναι εξαιρετικά μικρή ... Οι μελλοντικές ανακαλύψεις θα πρέπει να αναζητηθούν στο έκτο δεκαδικό ψηφίο. (Barrow 1988, σ. 173)*

Ένας από τους ευφύστερους αστρονόμους της εποχής, ο Simon Newcomb, που ήταν επίσης συνιδρυτής της Αμερικανικής Αστρονομικής Εταιρείας, συμμεριζόταν τις απόψεις του Michelson όταν επισήμαινε το 1888 ότι «Προσεγγίζουμε μάλλον το όριο αυτών που μπορούμε να μάθουμε σχετικά με την αστρονομία» (1888, σ. 65). Ακόμα και ο σπουδαίος φυσικός Λόρδος Kelvin, προς τιμήν του οποίου ονομάστηκε, όπως θα δούμε στην Ενότητα 3, η απόλυτη κλίμακα θερμοκρασιών, έπεσε θύμα της αυτοπεποίθησής του το 1901 ισχυριζόμενος ότι «Δεν υπάρχει τίποτα καινούργιο για να ανακαλυφθεί πλέον στη φυσική.

Το μόνο που απομένει είναι ολοένα και ακριβέστερες μετρήσεις» (1901, σ. 1). Τα σχόλια αυτά διατυπώθηκαν σε μια εποχή όπου ο φωτοφόρος αιθέρας θεωρούνταν ακόμα το μέσον στο οποίο διαδιδόταν το φως στον χώρο, και όπου η αμυδρή διαφορά ανάμεσα στην παρατηρούμενη και την προβλεπόμενη τροχιά του Ερμή γύρω από τον Ήλιο παρέμενε ανεξήγητη. Η επικρατούσα πεποίθηση ήταν πως τα προβλήματα αυτά ήταν μικρά, και η επίλυσή τους θα απαιτούσε ίσως μόνο δευτερεύουσες προσαρμογές στους γνωστούς φυσικούς νόμους.

Ευτυχώς, ο Max Planck, ένας από τους θεμελιωτές της κβαντομηχανικής, ήταν πιο διορατικός από τον μέντορά του. Σε μια διάλεξη που έδωσε το 1924, αναφέρθηκε στη συμβουλή που του δόθηκε το 1874:

*Όταν ξεκίνησα τις σπουδές μου στη φυσική και ζήτησα τη συμβουλή του σεβάσμιου δασκάλου μου Philipp von Jolly ... εκείνος μου περιέγραψε τη φυσική ως μια εξαιρετικά ανεπτυγμένη, σχεδόν εντελώς ώριμη επιστήμη ... Ίσως σε κάποιες γωνίτσες να υπήρχαν ένα σωματίδιο σκόνης ή μια μικρή φυσαλίδα για να εξετάσει και να ταξινομήσει κανείς, αλλά το σύστημα στο σύνολό του στεκόταν ακλόνητο, και η θεωρητική φυσική προσέγγιζε εμφανώς τον βαθμό τελειότητας που είχε κατακτήσει, για παράδειγμα, η γεωμετρία πριν από αρκετούς αιώνες (1996, σ. 10).*

Αρχικά ο Planck δεν είχε λόγο να αμφισβητήσει τις απόψεις του δασκάλου του. Όταν όμως η κλασική μας κατανόηση για τις διεργασίες ακτινοβολίας της ύλης δεν μπορούσε να συμφιλιωθεί με το πείραμα, ο Planck έγινε ένας απρόθυμος επαναστάτης υποδεικνύοντας το 1900 την ύπαρξη του κβάντου, μιας αδιαίρετης μονάδας ενέργειας η οποία ανήγγειλε την έλευση μιας νέας φυσικής. Στα επόμενα 30 χρόνια έμελλε να ανακαλυφθούν η ειδική και η γενική θεωρία της σχετικότητας, η κβαντομηχανική και η διαστολή του σύμπαντος.

Με όλα αυτά τα προηγούμενα κοντόφθαλμης αντίληψης, θα περίμενε ίσως κανείς ότι ο ιδιοφυής και παραγωγικότερος φυσικός Richard Feynman θα ήταν πιο προσεκτικός. Στο γοητευτικό του βιβλίο *Ο χαρακτήρας του φυσικού νόμου*, του 1965, δηλώνει τα εξής:

*Είμαστε πολύ τυχεροί που ζούμε σε μια εποχή στην οποία εξακολουθούμε να κάνουμε ανακαλύψεις ... Η εποχή στην οποία ζούμε είναι η εποχή όπου ανακαλύπτουμε τους θεμελιώδεις νόμους της φύσης, και μια τέτοια μέρα δεν θα έρθει ποτέ ξανά. Είναι πολύ συναρπαστικό, είναι θαυμάσιο, αλλά αυτός ο ενθουσιασμός αναπόφευκτα θα σβήσει. (Feynman 1994, σ. 166)*

Δεν διεκδικώ καμία ιδιαίτερη γνώση για το πότε θα έρθει το τέλος της επιστήμης, ή για το πού θα μπορούσε να βρεθεί το τέλος, ή για το αν υπάρχει καν

τέλος. Ξέρω όμως ότι ως είδος είμαστε πιο ανόητοι απ' ό,τι συνήθως παραδεχόμαστε στον εαυτό μας. Αυτό το όριο των νοητικών μας δυνατοτήτων, και όχι απαραίτητα της ίδιας της επιστήμης, μου εγγυάται ότι έχουμε μόλις αρχίσει να καταλαβαίνουμε το σύμπαν.

Ας υποθέσουμε, προς στιγμήν, ότι τα ανθρώπινα όντα είναι το εξυπνότερο είδος πάνω στη Γη. Αν, για χάρη της συζήτησης, ορίσουμε ως «εξυπνάδα» την ικανότητα ενός είδους να κάνει αφηρημένα μαθηματικά, τότε θα μπορούσε ίσως κανείς να υποθέσει επίσης ότι τα ανθρώπινα όντα είναι το μοναδικό έξυπνο είδος που έχει ζήσει ποτέ.

Ποια είναι η πιθανότητα ότι αυτό το πρώτο και μοναδικό έξυπνο είδος στην ιστορία της ζωής πάνω στη Γη έχει αρκετή ευφυΐα για να κατανοήσει πλήρως πώς λειτουργεί το σύμπαν; Οι χιμπατζήδες απέχουν από εμάς όσο το πλάτος μιας εξελικτικής τρίχας, ωστόσο μάλλον θα συμφωνήσουμε ότι όσο εντατική εκπαίδευση κι αν δεχτεί ένας χιμπατζής δεν θα φτάσει να χειρίζεται άνετα τους κανόνες της τριγωνομετρίας. Φανταστείτε τώρα ένα είδος στη Γη, ή οπουδήποτε αλλού, που να είναι τόσο έξυπνο σε σχέση με τους ανθρώπους όσο είναι οι άνθρωποι σε σχέση με τους χιμπατζήδες. Τι ποσοστό του σύμπαντος θα μπορούσε να κατανοήσει ένα τέτοιο είδος;

Οι λάτρεις της τρίλιζας ξέρουν ότι οι κανόνες του παιχνιδιού είναι τόσο απλοί που μπορεί κανείς να νικήσει ή να πετύχει ισοπαλία σε κάθε παρτίδα, αν γνωρίζει ποια πρώτη κίνηση να κάνει σε κάθε περίπτωση. Αλλά τα μικρά παιδιά παίζουν τρίλιζα σαν να είναι το αποτέλεσμα μακρινό και άδηλο. Οι κανόνες εμπλοκής είναι επίσης σαφείς και απλοί για το σκάκι, αλλά η πρόκληση να προβλέψει κανείς την ακολουθία των επόμενων κινήσεων του αντιπάλου αυξάνεται εκθετικά καθώς το παιχνίδι εξελίσσεται. Έτσι, το παιχνίδι κεντρίζει το ενδιαφέρον πολλών ενηλίκων –ακόμα και ευφυών και ταλαντούχων–, οι οποίοι το παίζουν σαν να είναι το τέλος του ένα μυστήριο.

Ας πάμε στον Ισαάκ Νεύτωνα, που είναι πρώτος στην προσωπική μου λίστα των ευφυέστερων ανθρώπων όλων των εποχών. (Δεν είμαι ο μόνος που έχει αυτή την άποψη. Η αναμνηστική επιγραφή στην προτομή του στο Κολλέγιο της Αγίας Τριάδας, στην Αγγλία, διακηρύσσει *Qui genus humanum ingenio superavit*, το οποίο μπορεί να αποδοθεί ελεύθερα ως «Από όλους τους ανθρώπους, δεν υπάρχει μεγαλύτερη διάνοια»). Τι πίστευε ο Νεύτωνας για την κατάσταση της γνώσης του;

*Δεν ξέρω τι εντύπωση έχουν οι άλλοι για μένα· αλλά εγώ ο ίδιος βλέπω τον εαυτό μου μόνο σαν ένα αγόρι που παίζει στην παραλία και διασκεδάζει βρίσκοντας πού και πού ένα βότσαλο πιο λείο ή ένα κοχύλι πιο όμορφο από τα συνηθισμένα, ενώ ο μεγάλος ωκεανός της αλήθειας απλώνεται ανεξίχνιαστος μπροστά μου. (Brewster 1860, σ. 331)*

Το σκάκι του σύμπαντός μας έχει αποκαλύψει μερικούς από τους κανόνες του, αλλά μεγάλο μέρος του κόσμου εξακολουθεί να συμπεριφέρεται με τρόπο ανεξήγητο – σαν να εξακολουθούν να υπάρχουν μυστικοί, κρυμμένοι κανονισμοί τους οποίους ακολουθεί. Αν υπάρχουν τέτοιοι κανονισμοί, δεν περιλαμβάνονται στο βιβλίο των κανόνων που έχουμε γράψει μέχρι στιγμής.

Η διάκριση ανάμεσα στη γνώση αντικειμένων και φαινομένων, τα οποία λειτουργούν εντός των παραμέτρων των γνωστών φυσικών νόμων, και στη γνώση των ίδιων των φυσικών νόμων είναι κεντρικής σημασίας για την αίσθηση που μπορεί να έχει κανείς πως η επιστήμη πιθανόν να πλησιάζει στο τέλος της. Η ανακάλυψη ζωής στον πλανήτη Άρη, ή κάτω από τα επιπλέοντα στρώματα πάγου της Ευρώπης, ενός από τους δορυφόρους του Δία, θα ήταν η σπουδαιότερη ανακάλυψη όλων των εποχών. Ωστόσο, μπορούμε να στοιχηματίσουμε ότι η φυσική και η χημεία των ατόμων της θα ήταν η ίδια με τη φυσική και τη χημεία των ατόμων εδώ στη Γη. Δεν θα χρειαζόταν κανένας καινούργιος νόμος.

Ας ρίξουμε όμως μια ματιά σε μερικά άλτα προβλήματα από το μαλακό υπογάστριο της σύγχρονης αστροφυσικής τα οποία φανερώνουν το εύρος και το βάθος της τωρινής μας άγνοιας, και των οποίων η λύση, απ' όσο μπορούμε να ξέρουμε, θα πρέπει να περιμένει την ανακάλυψη εντελώς νέων κλάδων της φυσικής.

Παρότι έχουμε αρκετά μεγάλη εμπιστοσύνη στην περιγραφή της απαρχής του σύμπαντος μέσω μιας Μεγάλης Έκρηξης, το μόνο που μπορούμε να πούμε για το τι βρίσκεται πέρα από τον κοσμικό μας ορίζοντα, που απέχει 13,7 δισεκατομμύρια έτη φωτός από εμάς, είναι διάφορες εικασίες. Μπορούμε μόνο να πιθανολογούμε τι συνέβη πριν από τη Μεγάλη Έκρηξη ή γιατί θα έπρεπε καν να συμβεί μια τέτοια έκρηξη. Ορισμένες προβλέψεις, με βάση τα όρια που θέτει η κβαντομηχανική, επιτρέπουν τη δυνατότητα το διαστελλόμενο σύμπαν μας να είναι το αποτέλεσμα μιας μοναδικής διακύμανσης από έναν αρχέγονο χωροχρονικό αφρό, ενώ αναρίθμητες άλλες διακυμάνσεις γέννησαν αναρίθμητα άλλα σύμπαντα.

Λίγο μετά τη Μεγάλη Έκρηξη, όταν προσπαθούμε να «φτιάξουμε» με τα υπολογιστικά μας μοντέλα τους εκατό δισεκατομμύρια γαλαξίες του σύμπαντος, δυσκολευόμαστε να συνταιριάξουμε ταυτόχρονα τα παρατηρησιακά δεδομένα από την πρώτη και την ύστερη περίοδο του σύμπαντος. Εξακολουθεί να μας διαφεύγει μια συνεκτική περιγραφή του σχηματισμού και της εξέλιξης της μεγάλης κλίμακας δομής του σύμπαντος. Απ' ό,τι φαίνεται, μας λείπουν κάποια σημαντικά κομμάτια του παζλ.

Οι νόμοι της κίνησης και της βαρύτητας του Νεύτωνα φαίνονταν σωστοί για εκατοντάδες χρόνια, μέχρις ότου χρειάστηκε να τροποποιηθούν από τις θεωρίες του Einstein για την κίνηση και τη βαρύτητα – τις θεωρίες της σχε-

τικότητας. Σήμερα η σχετικότητα θεωρείται ακλόνητη. Η κβαντομηχανική, η περιγραφή του ατομικού και του πυρηνικού μας σύμπαντος, επίσης θεωρείται ακλόνητη. Το πρόβλημα είναι πως, στη μορφή που έχει διατυπωθεί, η θεωρία βαρύτητας του Einstein είναι ασύμβατη με την κβαντομηχανική. Η καθεμιά τους προβλέπει διαφορετικά φαινόμενα για την επικράτεια στην οποία ίσως επικαλύπτονται. Κάποια από τις δύο θα πρέπει να υποχωρήσει. Είτε υπάρχει κάποιο άγνωστο σκέλος της βαρύτητας του Einstein που της επιτρέπει να συμβιβαστεί με τα δόγματα της κβαντομηχανικής, είτε υπάρχει κάποιο άγνωστο σκέλος της κβαντομηχανικής που της επιτρέπει να συμβιβαστεί με τη βαρύτητα του Einstein.

Ίσως να υπάρχει και μια τρίτη δυνατότητα: πιθανόν να χρειαζόμαστε μια μεγαλύτερη, ευρύτερη θεωρία που να αντικαταστήσει και τις δύο. Πράγματι, για αυτόν ακριβώς τον σκοπό έχει επινοηθεί και επιστρατευτεί η θεωρία χορδών, η οποία επιχειρεί να αναγάγει την ύπαρξη όλης της ύλης και όλης της ενέργειας, καθώς και τις αλληλεπιδράσεις τους, στην απλή ύπαρξη δονούμενων χορδών ενέργειας σε ανώτερες διαστάσεις. Οι διαφορετικοί τρόποι δόνησης θα εκδηλώνονταν στις δικές μας πενιχρές διαστάσεις του χώρου και του χρόνου ως διαφορετικά σωματίδια και δυνάμεις. Παρότι έχουν υπάρξει αρκετοί υποστηρικτές της θεωρίας χορδών εδώ και μερικές δεκαετίες, οι θεωρητικοί ισχυρισμοί της εξακολουθούν να βρίσκονται πέρα από τα σημερινά όρια πειραματικής επαλήθευσης. Αν και υπάρχει αρκετή δυσπιστία απέναντί της, πολλοί είναι αισιόδοξοι.

Εξακολουθούμε να αγνοούμε ποιες συγκυρίες δυνάμεων επέτρεψαν στην άβια ύλη να «συναρμολογήσει» τη ζωή όπως την ξέρουμε. Υπάρχει άραγε κάποιος μηχανισμός ή νόμος χημικής αυτοοργάνωσης που διαφεύγει της αντίληψής μας επειδή δεν υπάρχει τίποτα με το οποίο να μπορούμε να συγκρίνουμε τη γήινη βιολογία μας, και επομένως δεν μπορούμε να αξιολογήσουμε τι είναι ουσιώδες για τον σχηματισμό της ζωής και τι άσχετο;

Από τη γόνιμη εργασία του Edwin Hubble τη δεκαετία του 1920, γνωρίζουμε ότι το σύμπαν διαστέλλεται, αλλά πρόσφατα μάθαμε ότι το σύμπαν επίσης επιταχύνεται, λόγω κάποιας αντιβαρυτικής πίεσης που έχει ονομαστεί «σκοτεινή ενέργεια», και για την κατανόηση της οποίας δεν έχουμε καμία υπόθεση εργασίας.

Στο τέλος της μέρας, όση εμπιστοσύνη κι αν έχουμε στις παρατηρήσεις, τα πειράματα, τα δεδομένα ή τις θεωρίες μας, θα πρέπει να γυρίσουμε σπίτι μας γνωρίζοντας ότι το 85 τοις εκατό της βαρύτητας στο σύμπαν προέρχεται από μια άγνωστη, μυστηριώδη πηγή που εξακολουθεί να μην έχει ανιχνευτεί από κανένα από τα μέσα παρατήρησης που έχουμε επινοήσει. Απ' όσο ξέρουμε, δεν αποτελείται από συνηθισμένη ύλη όπως ηλεκτρόνια, πρωτόνια και νετρόνια, ούτε από κάποια μορφή ύλης ή ενέργειας που αλληλεπιδρά με αυτά. Αυτή η

απόκοσμη, ανοίκεια ουσία έχει ονομαστεί «σκοτεινή ύλη», και παραμένει ένα τεράστιο αίνιγμα.

Δίνουν όλα αυτά την εντύπωση πως βρισκόμαστε στο τέλος της επιστήμης; Δίνουν όλα αυτά την εντύπωση πως ελέγχουμε την κατάσταση; Δίνουν όλα αυτά την εντύπωση πως είναι η ώρα να συγχαρούμε τον εαυτό μας; Σε εμένα, δίνουν την εντύπωση ότι είμαστε όλοι μας άσχετοι ανόητοι, σαν τον αγαπημένο μας ξάδελφο, τον χιμπατζή, που προσπαθεί να μάθει το πυθαγόρειο θεώρημα.

Ίσως να είμαι λίγο σκληρός με τον *Homo sapiens* και να έχω προεκτείνει την αναλογία με τον χιμπατζή κάπως περισσότερο απ' ό,τι έπρεπε. Ίσως το ερώτημα να μην είναι πόσο έξυπνο είναι ένα συγκεκριμένο άτομο κάποιου είδους, αλλά πόση είναι η ευφυΐα της συλλογικής εγκεφαλικής ισχύος ολόκληρου του είδους. Μέσω συνεδρίων, βιβλίων, άλλων μέσων και φυσικά του Διαδικτύου, οι άνθρωποι μοιράζονται συστηματικά τις ανακαλύψεις τους με τους άλλους. Ενώ η δαρβινική εξέλιξη προχωράει μέσω της φυσικής επιλογής, η ανάπτυξη του ανθρώπινου πολιτισμού είναι σε μεγάλο βαθμό λαμαρκιανή, καθώς οι νέες γενιές ανθρώπων κληρονομούν τα επίκτητα χαρακτηριστικά των προηγούμενων, κι αυτό επιτρέπει απεριόριστη συσσώρευση της γνώσης για το σύμπαν.

Συνεπώς, κάθε ανακάλυψη της επιστήμης προσθέτει ένα σκαλοπάτι σε μια σκάλα γνώσης της οποίας το τέλος δεν είναι ορατό, διότι τη σκάλα αυτή την κατασκευάζουμε καθώς ανεβαίνουμε. Απ' ό,τι καταλαβαίνω, καθώς συναρμολογούμε και ανεβαίνουμε αυτή τη σκάλα, θα συνεχίσουμε να αποκαλύπτουμε στο διηλεκές τα μυστικά του σύμπαντος, ένα προς ένα.