

Η ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ

Ένα γοητευτικό ταξίδι στο χώρο της επιστήμης
από τα κουάρκ ως την αυτογνωσία



κάτοπτρο

P. W. Atkins
Πανεπιστήμιο Oxford

Πρόλογος

Το βιβλίο αυτό περιγράφει τη φύση και την προέλευση του Σύμπαντος χωρίς να είναι ένα ακόμη βιβλίο Αστρονομίας ή Φυσικής των στοιχειωδών σωματιδίων. Υπάρχουν πολλές όψεις του Σύμπαντος (όπως η δημιουργία του, η φύση του χρόνου ή η συνείδηση) που σήμερα μπορεί να αποτελέσουν αντικείμενο επιστημονικής έρευνας και τις οποίες φέρνω στο προσκήνιο γιατί πιστεύω ότι παρουσιάζουν το μεγαλύτερο ενδιαφέρον. Αποφεύγω τις λεπτομέρειες — που μπορείτε να τις βρείτε σε πολλά βιβλία — και σταχυολογώ από τη σύγχρονη επιστήμη ερμηνείες και συνέπειες με γενικότερο χαρακτήρα.

Υποστηρίζω την άποψη πως δεν υπάρχει τίποτε που να μην μπορεί να κατανοηθεί και πως ο δρόμος που οδηγεί στην κατανόηση είναι η απομάκρυνση των φαινομένων για να αποκαλυφθεί ο πυρήνας. Αυτός ο πυρήνας έχει πάντα μια αφάνταστη απλότητα. Στο δρόμο που θα ακολουθήσουμε, θα συναντήσουμε πολύ απλά ερωτήματα και, το σημαντικότερο, θα ανακαλύψουμε ότι γι' αυτά τα ερωτήματα υπάρχουν απλούστατες απαντήσεις. Σκοπεύω να σας δείξω πως μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε τη λογική ακόμη και για ζητήματα που πολλοί πιστεύουν ότι δεν επιδέχονται ερμηνεία, όπως η διαδικασία της δημιουργίας του Σύμπαντος ή η εμφάνιση μιας έκφρασής του όπως είναι η συνείδηση.

Επειδή καλύπτω ταχύτατα μεγάλες περιοχές και μερικές φορές μέσα σε μία μόνο φράση κάνω άλματα, όπως από τα άτομα ως την ελεύθερη βούληση, θα μπορούσε να θεωρηθεί ότι ενδίδω στο μυστικισμό. Όμως δεν συμβαίνει κάτι τέτοιο. Τα άλματά μου οφείλονται στο ότι θέλω να σας πείσω πως όταν ασχολούμαστε με τις λεπτομέρειες μιας απλής περίπτωσης τα πράγματα περιπλέκονται. Θέλω ακόμη να χωνέψετε την ιδέα ότι τα πάντα (και το εννοώ, τα πάντα) είναι δυνατό να εξεταστούν με τη λογική. Το βιβλίο είναι ένα δοκίμιο ακραίου αναγωγισμού και μαχητικού ορθολογισμού: μην πλανηθείτε από το μέγεθος των αλμάτων και φανταστείτε πως είναι ανεξέλεγκτα.

Υποστηρίζω πως το Σύμπαν μπορεί να δημιουργηθεί χωρίς εξωτερική παρέμβαση και πως δεν υπάρχει ανάγκη να επικαλεστούμε την ιδέα ενός Υπέρτατου Όντος σε καμιά από τις πολυάριθμες εκδηλώσεις του. Παραδέχομαι πως τα επιχειρήματά μου πιθανόν να μην επηρεάσουν ανθρώπους που κατά κάποιο τρόπο θρησκευονται. Ελπίζω όμως πως θα αποδεχθούν τουλάχιστον ότι η

επιστήμη έχει εξαιρετική δύναμη και, αν αποκλείσουμε (όπως υποστηρίζω) την ύπαρξη ενός «σκοπού», φαίνεται να βρίσκεται στο κατώφλι της ερμηνείας των πάντων.

Προτείνω να διαβαστούν αρχικά οι δεξιές σελίδες. Στις αριστερές διευκρινίζονται ορισμένα σκοτεινά σημεία (όπου μπορώ, και που συναντώνται σπανιότατα καθώς προχωρεί η ανάπτυξη του θέματος) και υποδεικνύονται οι πηγές των ιδεών. Προσπάθησα να χρησιμοποιήσω τις απλούστερες πηγές και μόνο στην περίπτωση που το περιοδικό *Scientific American* ήταν ανεπαρκές κατέφυγα σε αυστηρά επιστημονικές μονογραφίες.

Το βιβλίο έχει τις ρίζες του σε μια διάλεξη που έδωσα στο κολέγιο Harvey Mudd, στο Claremont της Καλιφόρνιας των ΗΠΑ. Έγιναν αρκετές αναθεωρήσεις και απεκόμισα πολλά από τις συμβουλές και τις κρίσεις των J. Polkinghorne, M. Rees, M. Rowan - Robinson και J. Wheeler (από τους οποίους δανείστηκα αρκετές ιδέες, χωρίς αυτό να σημαίνει πως όλοι τους συμμερίζονται όλες μου τις απόψεις). Την εποπτεία των χειρογράφων είχε ο εκδότης M. Rodger· όπως πάντα, και εγώ και το βιβλίο μου του οφείλουμε πολλά.

Lincoln College
Oxford
1981

P.W. Atkins

ΕΙΣΑΓΩΓΙΚΟ ΣΗΜΕΙΩΜΑ

Είναι αλήθεια πως σπάνια συναντά κανείς σ' ένα τόσο μικρό βιβλίο, όπως αυτό, μια τόσο μεγάλη ποικιλία θεμάτων. Υπάρχει ένα τεράστιο «ανακάτωμα» — καθόλου τυχαίο — όχι παράξενο όμως μια και το αντικείμενο του βιβλίου είναι ολόκληρο το Σύμπαν. Πρωτοτυπώντας ο συγγραφέας του υιοθετεί ένα δυϊσμό στον τρόπο γραφής, από τη μια με κάποιο ποιητικό ύφος και από την άλλη με έναν αυστηρά τεκμηριωμένο επιστημονικό υπομνηματισμό. Οι δυο αυτοί τρόποι γραφής αντιπαραθέτονται στο βιβλίο σελίδα με σελίδα, παράγραφο με παράγραφο. Ακόμη θά 'λεγα πως το κείμενο των δεξιών σελίδων είναι κάπως επιθετικό, σκόπιμα προκλητικό: εξαναγκάζει στον αντίλογο πάνω σ' ένα θέμα που παρά τις χιλιόχρονες αντιπαραθέσεις γιγάντων του πνεύματος παραμένει ακόμη ανοικτό. Το θέμα δεν είναι άλλο από το πρόβλημα της Δημιουργίας.

Ο συγγραφέας παρουσιάζει τη δική του άποψη σ' αυτό το παμπάλαιο πρόβλημα χρησιμοποιώντας τις πιο πρόσφατες ανακαλύψεις της σύγχρονης επιστήμης με ξεχωριστό συνθετικό τρόπο. Δεν είναι απαραίτητο να συμφωνήσει ο αναγνώστης με τις απόψεις του συγγραφέα, είτε στο σύνολό τους είτε στα επιμέρους ζητήματα. Όμως, όποιες κι αν είναι οι αντιρρήσεις του δεν πρέπει να τον εμποδίσουν να απολαύσει τα νοητικά ερεθίσματα που του δίνει απλόχερα ο συγγραφέας· γιατί αυτό το βιβλίο είναι καθαρή τροφή για σκέψη και προβληματισμό. Ο στοχαστικός αναγνώστης θα ψάξει, βήμα προς βήμα, για αντεπιχειρήματα και η ανάγνωση θα εξελιχθεί σ' έναν απολαυστικό φανταστικό διάλογο όχι μόνο με το συγγραφέα αλλά και με τους τόσους πολλούς

διανοητές των οποίων οι ιδέες παρουσιάζονται ξεκάθαρα στον υπομνηματισμό των αριστερών σελίδων.

Με το παραπάνω σκεπτικό, η έκδοση μπορεί να θεωρηθεί ότι πραγματικά εμπλουτίζει την ελληνική βιβλιογραφία στον χώρο της εκλαϊκευσης της επιστήμης και είναι στ' αλήθεια ενθαρρυντικό το γεγονός ότι το πλατύτερο αναγνωστικό κοινό δείχνει ένα όλο και μεγαλύτερο ενδιαφέρον όχι μόνο για τις προόδους της επιστήμης αλλά και για τις επιπτώσεις τους στον απλό άνθρωπο, τόσο σε νοητικό όσο και σε φιλοσοφικό επίπεδο. Θά' θελα τέλος να επαναλάβω τη σύσταση του συγγραφέα· να διαβαστούν δηλαδή χωρίς διακοπή οι δεξιές σελίδες, που άλλωστε αποτελούν αυτό καθαυτό το βιβλίο. Έτσι δεν θα διακόπτεται η ροή των συλλογισμών και ο αναγνώστης θα απολαύσει το θαυμάσιο ταξίδι που του προτείνει ο συγγραφέας από την πρώτη κι όλας σελίδα. Η δεύτερη προσεκτικότερη ανάγνωση σε συνδυασμό με τις παραπομπές και τα υπομνήματα των αριστερών σελίδων θα δώσει την ευκαιρία στον αναγνώστη να παρακολουθήσει την επιστημονικά θεμελιωμένη υποστήριξη των επιμέρους προβλημάτων από μια εκατοντάδα ειδικών επιστημόνων, τους οποίους τόσο ευφυώς έχει επιστρατεύσει ο συγγραφέας. Μ' αυτό τον τρόπο ο αναγνώστης θα έχει μια σφαιρική θεώρηση του τεράστιου πλούτου που κρύβει αυτό το βιβλίο· μπορεί επίσης να ανατρέξει στην εκτεταμένη βιβλιογραφία και να διαλέξει με προσοχή τα βιβλία που τον ενδιαφέρουν στην περίπτωση που θά' θελε να συνεχίσει τη δική του ενημέρωση.

Καλή ανάγνωση - καλό ταξίδι

ΑΡΗΣ ΚΑΤΣΟΥΛΗΣ

Νοέμβριος '87

Για τον αναγνώστη που για διάφορους λόγους δυσχεραίνεται να προσπελάσει την αγγλική βιβλιογραφία δίνουμε μερικές ελληνικές εκδόσεις που σχετίζονται κατά κάποιο τρόπο με τα θέματα που θίγει ο συγγραφέας. Έτσι δίπλα σε αριθμούς που παραπέμπουν στη ξενόγλωσση βιβλιογραφία υπάρχουν κεφαλαία γράμματα που υποδεικνύουν τους ελληνικούς τίτλους. Ακόμη, επειδή στις αριστερές σελίδες του πρωτοτύπου υπήρχαν μόνο δύο σχήματα (σελ. 132 και σελ. 144) πήραμε την πρωτοβουλία και την ευθύνη να εμπλουτίσουμε τα κενά τους με σχετικά σχέδια και εικόνες (Σ.τ.μ).

Οι περισσότερες από τις ιδέες που εκθέτω σ' αυτό το βιβλίο ανήκουν σε άλλους. Με τις σημειώσεις μου θέλησα ν' αποδώσω ένα φόρο τιμής στη φαντασία τους (παρέχοντας συγχρόνως και τη βάση από την οποία ξεπηδούν οι ιδέες, οι στοχασμοί και καμιά φορά οι υπερβολές που αποτελούν τη ραχοκοκαλιά αυτού του βιβλίου).

1.

Ολοφάνερα πράγματα

Σας προσκαλώ σ' ένα ταξίδι. Ένα νοητικό ταξίδι που θα μας πάει στις παρυφές του χώρου, του χρόνου και της κατανόησης. Στη διάρκειά του θα προσπαθήσω να σας πείσω πως δεν υπάρχει τίποτε που να μην μπορεί να κατανοηθεί ή να εξηγηθεί και πως τα πάντα είναι εξαιρετικά απλά. Ένα μεγάλο μέρος του Σύμπαντος δεν χρειάζεται καμιά απολύτως εξήγηση: οι ελέφαντες για παράδειγμα. Από τότε που τα μόρια έμαθαν να ανταγωνίζονται και να δημιουργούν παρόμοια μόρια, οι ελέφαντες και τα πράγματα που τους μοιάζουν στον κατάλληλο χρόνο θα βρεθούν να περιπλανιούνται στην ύπαιθρο.

Μια ενδιαφέρουσα εισαγωγή στο πρόβλημα της εμφάνισης βιολογικών μορφών από τα μυξοβακτήρια υπάρχει σ' ένα τεύχος του περιοδικού *Scientific American*¹ αφιερωμένο στην εξέλιξη. Η εξέλιξη των πρώτων όντων ως τους ελέφαντες (και τους ανθρώπους) περιγράφεται θαυμάσια από τον *R. Dawkins*² ο οποίος υποστηρίζει την άποψη ότι ο βασικός περιορισμός των βιολογικών συστημάτων είναι η διαιώνιση της ζωής και η εξασφάλιση της συνέχειας στην εξέλιξη των γονιδίων, δηλαδή των πακέτων των κρυπτογραφημένων πληροφοριών που υπάρχουν σε κάθε κύτταρο⁴.

Πρέπει να κάνουμε μια διάκριση ανάμεσα στο αναμφισβήτητο και το απρόβλεπτο: μερικές απόψεις του κόσμου είναι τόσο περίπλοκες από τη φύση τους, ώστε η επιστήμη ουδέποτε θα καταφέρει να τις προβλέψει⁸. Πάρτε για παράδειγμα την πιθανότητα να προβλέψουμε την προσωπικότητα ενός ατόμου ακόμα κι αν γνωρίζουμε το DNA του με κάθε λεπτομέρεια. Εντούτοις, υπάρχει μια κάποια δυνατότητα να προβλεφθούν ακόμη και οι σύνθετες ιδιότητες γιατί είναι γνωστά τα γενικά χαρακτηριστικά της βάσης στην οποία στηρίζονται και συνεπώς οι γνώσεις μας γι' αυτές θα βελτιώνονται συνεχώς.

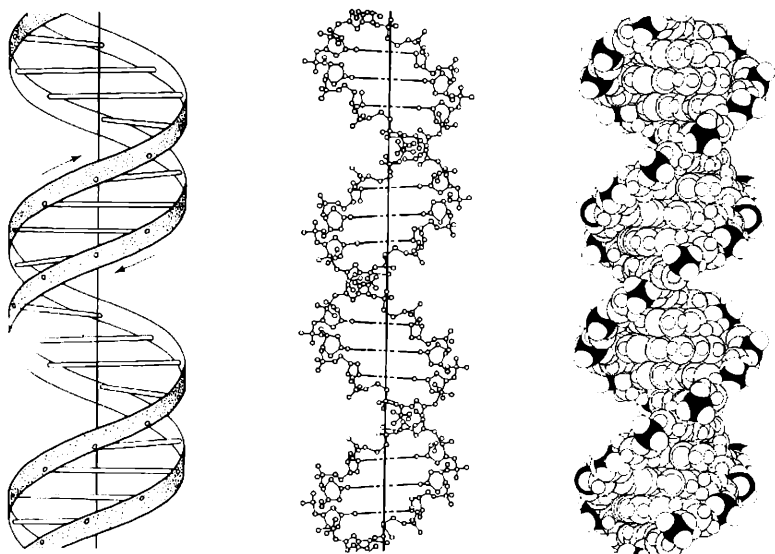
Την κατάλληλη στιγμή θα μιλήσουμε περισσότερο για τις χημικές αντιδράσεις. Στα διαλύματα, οι χημικές αντιδράσεις είναι πολύ πιο λεπτές από τις αντιδράσεις των αερίων, όπως ακριβώς τα προϊόντα της ανθοκομικής είναι πιο λεπτεπίλεπτα από τα αποτελέσματα των τροχαίων ατυχημάτων. Στα διαλύματα υπάρχει η δυνατότητα πολυπλοκότητας που οφείλεται στις προσφερόμενες για χημικές αντιδράσεις λεπτότητες όπως είναι η τροποποίηση ενός ή δύο χημικών δεσμών ενός μορίου που περιλαμβάνει χιλιάδες δεσμούς^{3, 4}.

Οι λεπτομέρειες της εξελικτικής διαδικασίας είναι συναρπαστικές αλλά χωρίς σημασία: με δεδομένα τον ανταγωνισμό, την αντιγραφή των μορίων και το χρόνο, η εξέλιξη είναι αναπόφευκτη.

Μερικά από τα πράγματα που μοιάζουν με ελέφαντες είναι και οι άνθρωποι. Και αυτοί δεν έχουν καμιά ιδιαίτερη σημασία. Είναι αναμφισβήτητο (αλλά όχι υποχρεωτικά προβλέψιμο) ότι τα μόρια μόλις αποκτήσουν τη δυνατότητα αναπαραγωγής εδώ, στη Γη, ή κάπου αλλού (στην προκειμένη περίπτωση, εδώ) θα συνδεθούν σε σχηματισμούς που θα πάρουν τη μορφή και θα αποκτήσουν τις δραστηριότητες των ανθρώπων, και κάποια μέρα αυτοί οι άνθρωποι θα βρεθούν να περιπλανιούνται σε κάποια χώρα. Η χαρακτηριστική αλλά μη σημαντική δραστηριότητά τους βρίσκεται στο ότι μπορούν να ενεργήσουν ως ερμηνευτές της φύσης, του περιεχομένου, της δομής και της προέλευσης του Σύμπαντος ενώ παράλληλα μπορούν να επινοούν και να απολαμβάνουν τα έργα της δικής τους φαντασίας.

Επίσης δεν έχουν σημασία και τα προικισμένα για ανταγωνισμό, επιβίωση και αναπαραγωγή βιολογικά μεγαλομόρια. Είναι αναμφισβήτητο πως θα εμφανιστούν μόλις υπάρξει το κατάλληλο μίγμα συστατικών, ένα σταθερό θερμό περιβάλλον και χρόνος.

Τα μικρά μόρια εξελίσσονται σε μεγαλύτερα τρώγοντας μικρότερα μόρια, μολονότι δεν είναι πάντα ξεκαθαρισμένο ποιο τρώει ποιο. Για το «γεύμα» τους, τα μικρά μόρια χρησιμοποιούν απλές κρούσεις και το αποτέλεσμα είναι ένα μεγαλύτερο μόριο (πολλά άτομα στοιβαγμένα) ή η αντικατάσταση ενός ατόμου του αρχικού μορίου από μια ομάδα ατόμων στο νέο μόριο. Μερικές φορές ένα σχεδόν πλήρες μόριο ενσωματώνεται στο σύμπλεγμα των ατόμων του αρχικού μορίου,



Η διπλή έλικά του DNA

όπως η μύγα στον ιστό της αράχνης. Οι νικητές συνεχίζουν το ίδιο με άλλα μόρια, βρίσκοντας όλο και πιο πολύπλοκους τρόπους για να εξασφαλίσουν τα γεύματά τους. Όσο περνάει ο χρόνος η πολυπλοκότητα γίνεται τόσο μεγάλη ώστε τα περισσότερα πετυχημένα μόρια κρατούν τα λιγότερα πετυχημένα σε κοπάδια και το «φάγωμα» συνοδεύεται με οικονομικούς και φιλοσοφικούς στοχασμούς.

Ασήμαντα είναι όμως και τα μικρά, απλά, πρωτόγονα μόρια. Και αυτά αναμφισβήτητα, θα εμφανιστούν μόλις διατεθούν τα κατάλληλα άτομα, γιατί τα μικρά μόρια είναι απλώς *συναθροίσματα* λίγων ατόμων και τα άτομα εύκολα κολλούν μεταξύ τους. Αν υπάρχουν άτομα στον κατάλληλο χρόνο θα υπάρξουν και μόρια· κι όταν υπάρχουν μόρια και θερμές, υγρές συνθήκες, πάλι στον κατάλληλο χρόνο θα υπάρξουν ελέφαντες.

Είμαι βέβαιος πως έχετε αντιληφθεί πού το πάμε. Ας υποθέσουμε πως πρόκειται να σχεδιάσετε ένα Σύμπαν. Αν ήσασταν παντοδύναμος θα μπορούσατε να προδιαγράψετε λεπτομερώς όλα τα δημιουργήματα, μικρά ή μεγάλα. Αν σχεδιάζατε το δικό μας Σύμπαν, θα περιλαμβάνατε φυσικά και την προδιαγραφή του ελέφαντα. Έχει αποδειχτεί όμως ότι οι ελέφαντες είναι αναπόφευκτοι όταν υπάρχουν μόρια με ικανότητες ανταγωνισμού και αναπαραγωγής σε περιβαλλοντικές συνθήκες σαν κι αυτές που επικρατούσαν κάποτε στον πλανήτη μας. Συνεπώς, αν δεν σας πίεζε ο χρόνος θα ήταν απλούστερο να προδιαγράψετε κάποιον αριθμό μαχητικών μορίων, να τα ανακατέψετε και να καθήσετε να περιμένετε. Θα έρθει η στιγμή που οι απόγονοί τους θα είναι ελέφαντες και άνθρωποι!

Στους κατοικούμενους πλανήτες, τα πολύπλοκα μόρια μπορεί να προκύψουν από απλούστερα, οπότε οι

Μια εισαγωγή για τον τρόπο που σχηματίζονται τα στοιχεία (νουκλεοσύνθεση) υπάρχει στην αστρονομική εγκυκλοπαίδεια του Cambridge⁵. Το υδρογόνο και το ήλιο που υπάρχουν στο Σύμπαν σχηματίστηκαν κατά την αρχέγονη μεγάλη έκρηξη (Big Bang). Τα βαρύτερα στοιχεία σχηματίστηκαν και συνεχίζουν να σχηματίζονται μέσα σε αστρικά καμίνια (στο εσωτερικό των άστρων) και διασπείρονται στο υπόλοιπο Σύμπαν με τις εκρήξεις* που σημειώνονται κατά τα διάφορα στάδια του κύκλου ζωής των άστρων.

* Οι εκρήξεις αυτές είναι γνωστές με τα ονόματα νόβες και σουπερνόβες (Σ.τ.μ.).

Προς το παρόν κανένας δεν μπορεί να δώσει την οριστική απάντηση στο κοσμογονικό πρόβλημα (πώς δηλαδή δημιουργήθηκε το Σύμπαν)· πρέπει λοιπόν να προειδοποιήσω τον αναγνώστη ότι όσο εμβαθύνουμε σ' αυτό το θέμα τόσο θα μετακινούμαστε στο χώρο των υποθέσεων. Ενώ είναι πολύ εύκολο να χρησιμοποιήσουμε κατανοητή γλώσσα για να εκφράσουμε ιδέες που κατά κάποιο τρόπο είναι καθιερωμένες, δεν συμβαίνει το ίδιο όταν πρόκειται να παρουσιάσουμε ιδέες που δεν έχουν αποσαφηνιστεί ακόμη. Αυτό έχει δύο συνέπειες για το βιβλίο μας. Η πρώτη είναι ότι περιλαμβάνει γεγονότα μαζί με συμπεράσματα καθαρού διαλογισμού, τα οποία όμως θα προσπαθήσω να ξεχωρίσω. Η δεύτερη είναι ότι στο τέλος σίγουρα θα γεννηθεί κάποια απογοήτευση. Αυτό οφείλεται στο ότι δεν ξέρουμε ακόμη ολόκληρη την αλήθεια για το κοσμογονικό πρόβλη-

προδιαγραφές απλουστεύονται σε λίγα απλά μόρια. Αλλά και αυτή η απλούστευση μπορεί να απλοποιηθεί γιατί αν προδιαγράψετε τα χημικά στοιχεία, και ίσως μερικά ακόμη πράγματα, αργά ή γρήγορα οι ελέφαντες θα εμφανιστούν.

Τώρα προκύπτει το ακόλουθο ερώτημα: Υποθέστε πως προτιμάτε να είσαστε ένας άπειρα οκνηρός δημιουργός· ποιές είναι οι ελάχιστες προδιαγραφές που θα κάνετε; Πραγματικά θα χρειαζόταν να μπειτε στον κόπο να προδιαγράψετε μια περίπου εκατοντάδα από διαφορετικά χημικά στοιχεία; Μήπως θα μπορούσατε να προδιαγράψετε ελάχιστα πράγματα, που αν βρίσκονταν στις κατάλληλες ποσότητες θα οδηγούσαν αρχικά στα χημικά στοιχεία και αργότερα στους ελέφαντες; Μήπως ολόκληρο το Σύμπαν ήταν στο παρελθόν ένα μόνο πράγμα που με τις κατάλληλες προδιαγραφές οδήγησε αναπόφευκτα στους ελέφαντες; Όντας όμως άπειρα οκνηρός, μήπως θα μπορούσατε ν' αποφύγετε να κάνετε ακόμη κι αυτό; Αλλά αν το μπορούσατε (και πιστεύω πως κάτι τέτοιο είναι δυνατό) δεν θα είχατε πλέον κανένα ρόλο στη δημιουργία του Σύμπαντός σας.

Ο σκοπός μας αρχίζει τώρα να διαφαίνεται. Πρέπει να αποδεχτούμε μια απόλυτα μηδενική παρέμβαση στη δημιουργία. Το μόνο στοιχείο που διαθέτουμε ευθύς εξαρχής είναι ότι η τελική απάντηση θα έχει σχεδόν σίγουρα εξαιρετική απλότητα γιατί μόνο το τέλεια απλό μπορεί να δημιουργηθεί εφόσον δεν επεμβαίνει κανένας εξωτερικός παράγοντας (ή απλώς δεν υπάρχει). Αυτό σημαίνει πως θά 'πρεπε να εξετάσουμε το Σύμπαν από τα αποτυπώματα της υποκείμενης απλότητάς του. Όμως, καθώς θα τα αναζητούμε πρέπει πάντα να θυμόμαστε πως η πολυπλοκότητα της συμπεριφοράς ίσως να είναι απατηλή όπως και τα φαινόμενα. Ίσως αυτό που

μα γι' αυτό η περιγραφή είναι ελλιπής. Πάντα όμως πρέπει να θυμάστε ότι εδώ προσπαθώ να σας δείξω ποια είναι τα σοβαρά κοσμογονικά προβλήματα, ποια απ' αυτά έχουν ήδη επιλυθεί, για ποια πιστεύουμε ότι η επιστήμη θα δώσει γρήγορα απαντήσεις και τέλος ποια θά 'ναι η πιθανή μορφή αυτών των απαντήσεων.

Ο F. Hoyle μας δίνει μια εισαγωγή για τη στοιχειακή σύσταση του Σύμπαντος και τον τρόπο που προσδιορίζεται⁶. Ο ίδιος εξηγεί και τη νουκλεοσύνθεση. Ο N. Calder δίνει μια γενική, εκλαϊκευμένη και πολύ ενδιαφέρουσα άποψη για τη σύσταση του Σύμπαντος⁷. Ο υπαινιγμός μου για τη γαλαξιακή σκόνη οφείλεται μάλλον σε μια ανάμνηση της εντυπωσιακής φράσης του Calder ότι «κατά κάποιο τρόπο η ανθρώπινη σάρκα είναι φτιαγμένη από αστρική σκόνη»⁸.

αντιλαμβανόμαστε ως πολυπλοκότητα είναι το αποτέλεσμα μιας αλυσίδας απλοτήτων.

Αυτή είναι η αφετηρία μας. Σ' ολόκληρο το ταξίδι μας το μόνο που θα χρειαστούμε είναι η πεποίθηση πως τα πάντα μπορεί να κατανοηθούν και, τελικά, δεν υπάρχει τίποτε που να χρειάζεται εξήγηση.

Η αντίληψη που έχουμε σχηματίζει για τη φύση του Σύμπαντος οφείλεται στην ικανότητά μας να προσέχουμε, να παρατηρούμε και να σκεφτόμαστε τα αντικείμενα που περιλαμβάνει. Για παράδειγμα, παρατηρούμε ότι τα πάντα είναι φτιαγμένα από το ίδιο υλικό. Ζώα τρώνε φυτά και πίνουν ποτάμια. Φυτά τρώνε βουνά. Όταν τα ζώα πεθαίνουν, συνεισφέρουν σε μεταγενέστερα βουνά κι άλλα φυτά. Βουνά ξεπετάγονται από πλανήτες που είναι συναθροίσματα λειψάνων νεκρών άστρων. Τα πάντα είναι φτιαγμένα από το ίδιο υλικό και όσο μακρύτερα παρατηρούμε, τόσο απίθανο φαίνεται να υπάρχει κάπου αλλού κάποιο διαφορετικό υλικό. Είμαστε φτιαγμένοι από γαλαξιακή σκόνη και θα ξαναγίνουμε γαλαξιακή σκόνη.

Παρατηρούμε ότι υπάρχει ένα Σύμπαν. Μ' αυτό εννοώ κάτι πολύ περισσότερο από μια συγκέντρωση άστρων διάσπαρτων σ' ένα κενό, ανάμεσα στα οποία βρισκόμαστε κι εμείς. Μια από τις πιο μεγάλες ανακαλύψεις στάθηκε το ότι το Σύμπαν μπορεί να γίνει αντικείμενο μετρήσεων και πως υπάρχει νόημα στη διερεύνηση του μεγέθους και της ηλικίας του. Η διαπίστωση ότι το Σύμπαν μπορεί να μετρηθεί, και όχι η καθαυτό μέτρησή του, αποτελεί κάτι παραπάνω από μια επανάσταση, γιατί η ύπαρξη έκτασης και διάρκειας μας οδηγεί στην αντιμετώπιση προβλημάτων που σχετίζονται με τα πέρατα του χώρου και τα όρια του χρόνου. Η διατύπωση αυτών των προβλημάτων είναι ένα βήμα

Μια καλή πηγή πληροφοριών για το μέγεθος του Σύμπαντος, τον τρόπο που μετριέται και τα αντικείμενα που περιέχει, είναι η εγκυκλοπαίδεια Cambridge. Ο Beeton δίνει ⁸ μια συνταγή για ένα μοντέλο του Σύμπαντος σε αφάνταστη κλίμακα. Ξεκινώντας από το ότι η σημερινή ηλικία του Σύμπαντος είναι περίπου 10^{10} χρόνια, η ακτίνα του πρέπει να είναι κάπου $1,3 \cdot 10^{10}$ έτη φωτός (περίπου $1,2 \cdot 10^{26}$ μέτρα). Η σημερινή τιμή για τη μέση πυκνότητα του Σύμπαντος είναι περίπου $1,4 \cdot 10^{-29}$ γραμμάρια/κυβικό εκατοστό (αντιστοιχεί περίπου σε ένα άτομο ανά κυβικό μέτρο), ενώ η μάζα του είναι περίπου $5,7 \cdot 10^{56}$ γραμμάρια. Στους 10^{11} γαλαξίες του Σύμπαντος υπάρχουν συνολικά περίπου $2,9 \cdot 10^{23}$ άστρα. Κάθε πέντε δευτερόλεπτα το Σύμπαν διαστέλλεται τόσο όσος περίπου είναι ο χώρος που καταλαμβάνει ο Γαλαξίας μας. Όλα αυτά θα χαθούν σε πενήντα δισεκατομμύρια χρόνια. Μια κριτική ανάλυση αυτών των μεγεθών βρίσκεται στα βιβλία 9, 10 του παραρτήματος.

Αυτό είναι το παράδοξο του Olbers^{11, 12, Δ*}. Το παράδοξο προκύπτει από την παραδοχή ότι τα άστρα έχουν πεπερασμένο μέγεθος και ότι κάθε ευθεία που ξεκινάει από έναν παρατηρητή και προχωρεί στο άπειρο, θα συναντήσει, αργά ή γρήγορα, την επιφάνεια κάποιου άστρου. Αυτές οι παραδοχές σημαίνουν ότι το Σύμπαν είναι άπειρο, έχει άπειρη ηλικία και είναι ομοιόμορφο και στατικό. Το παράδοξο επιλύεται με πολλούς τρόπους. Για παράδειγμα, αν το Σύμπαν είναι πεπερασμένο, δεν θα υπάρχουν άστρα πέρα από μια ορισμένη ακτί-

προς την κατανόηση γιατί αν μπορούμε να καταλάβουμε τι σημαίνει να βρίσκεται κανείς έξω από τα πέρατα του χώρου και πριν αρχίσει ο χρόνος, θα πλησιάσουμε την κατανόηση της ίδιας της φύσης του χώρου και του χρόνου. Το κλειδί της κατανόησης βρίσκεται στην αναγνώριση και την κατανόηση του πιο πρωταρχικού.

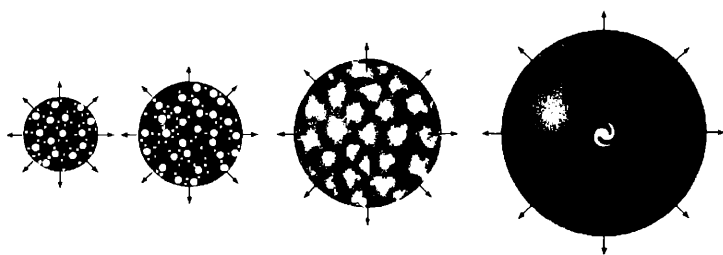
Δεν έχει σημασία αν πούμε ότι το ορατό Σύμπαν είναι μεγάλο ή μικρό. Με μέτρο το μέγεθος του ανθρώπου σίγουρα είναι τεράστιο. Όμως ο άνθρωπος δεν είναι από μόνος του κάτι το σημαντικό, οπότε δεν μπορούμε να τον χρησιμοποιήσουμε ως σημαντικό κριτήριο μεγέθους. Η απεραντοσύνη του Σύμπαντος δαμάζεται αν χρησιμοποιήσουμε πολύ μεγαλύτερη κλίμακα: με τη βοήθεια της σκέψης εξαφανίζουμε το δέος που εμπνέει η «απεραντοσύνη». Ρεζιλεύουμε το δέος. Φανταστείτε το Σύμπαν σαν ένα *συννεφάκι σκόνης* με διάμετρο μόλις ενός μέτρου. Κάθε κόκκος της σκόνης είναι κι ένας γαλαξίας. Ζούμε κοντά σ' ένα μάλλον συνηθισμένο άστρο που είναι μέλος ενός μάλλον συνηθισμένου γαλαξία σε κάποια ασήμαντη θέση στο *συννεφάκι της σκόνης*.

Κάθε βράδυ μας αποκαλύπτεται πως το Σύμπαν είχε μια αρχή, αλλά οι περισσότεροι απλώς λυπόμαστε, χρησιμοποιούμε ή απολαμβάνουμε το σκοτάδι χωρίς να καταλαβαίνουμε ότι αυτό είναι πηγή γνώσης.

Ελάχιστη σκέψη αρκεί να δείξει πως το σκοτάδι της νύχτας εξαφανίζει μισή αιωνιότητα. Αν το Σύμπαν ήταν άπειρο και αιώνιο, σε οποιαδήποτε διεύθυνση κι αν κοιτάζαμε θά 'πρεπε να βλέπουμε το φως ενός άστρου. Κάθε σημείο του ουρανού θα ήταν ένα άστρο κι ολόκληρος ο ουρανός θα είχε τη λαμπρότητα της επιφάνειας του Ήλιου. Ακόμη και τη μέρα, ο Ήλιος δεν θα ξεχώριζε μέσα από την ομοιόμορφη λαμπρότητα του

να, οπότε μερικές ευθείες από το μάτι του παρατηρητή δεν θα συναντήσουν κανένα άστρο. Αν πάλι το Σύμπαν είναι άπειρο αλλά με πεπερασμένη ηλικία, το φως από πολύ μακρινά άστρα δεν θα έχει φτάσει ακόμη στη Γη. Η σύγχρονη επίλυση του παραδόξου είναι πιο περίπλοκη γιατί οι συνηθισμένες έννοιες, όπως η ηλικία και η απόσταση, χάνουν την απλότητά τους στο πλαίσιο της Γενικής Θεωρίας της Σχετικότητας και της Κοσμολογίας. Η σύγχρονη λύση στηρίζεται στην απόρριψη της παραδοχής ότι το Σύμπαν είναι στατικό¹².

* Το παράδοξο είχε πρωτοδιατυπωθεί με την αθώα ερώτηση: «Γιατί ο ουρανός είναι σκοτεινός τη νύκτα;» Η απάντηση ότι ο Ήλιος δεν βρίσκεται στον ορίζοντα δεν είναι η σωστή! (Σ.τ.μ.).



Η διαστολή του Σύμπαντος

ουρανού. Όμως τη νύχτα ο ουρανός είναι σκοτεινός κι ανάμεσα στ' άστρα υπάρχει σκοτάδι· έτσι το Σύμπαν δεν μπορεί να είναι άπειρο και αιώνιο. Να, λοιπόν, ένα παράδειγμα που δείχνει ότι η παρατήρηση μιας κοινοτοπίας θα μπορούσε να εμπνεύσει μια επαναστατική ιδέα.

Μια οξύτερη διάνοια θα μπορούσε να αποκομίσει από το σκοτάδι της νύχτας ακόμη περισσότερη γνώση: Θα μπορούσε να αποδόσει το άπλωμα του φωτός από τα μακρινά άστρα και τη μείωση της έντασής του σε μια γενική διαστολή του Σύμπαντος. Κι αυτό ακριβώς συνέβη: Οι αστρονόμοι με τα τηλεσκόπιά τους παρατήρησαν αυτή τη διαστολή χωρίς κανέναν τους να έχει διανοηθεί προηγουμένως κάτι τέτοιο. Είδαν τους γαλαξίες να απομακρύνονται και το νέφος της σκόνης να διαστέλλεται. Είναι λοιπόν εντελώς φυσικό να παρακολουθήσουμε την διαστολή από την ανάποδη, προς το παρελθόν, και να δούμε με τη φαντασία μας το συννεφάκι της σκόνης να ξεπηδά από την έκρηξη του πυρήνα του. Αυτή η έκρηξη ήταν η δημιουργία.

Τι ήταν αυτό που δημιουργήθηκε; Τι είναι αυτό που διαστέλλεται; Είναι οι γαλαξίες που απλώνονται μέσα στο χώρο; Τότε όμως τι είναι χώρος; Πού βρίσκεται; Από πού προήλθε; Διαστέλλεται ο ίδιος ο χώρος; Μήπως αυτό που δημιουργήθηκε ήταν απλώς ο χώρος; Και μέσα σε τί διαστέλλεται ο χώρος;

Παρατηρούμε, σκεφτόμαστε ότι το Σύμπαν δεν είναι μόνο χώρος, αλλά εμείς, όπως και άλλη ύλη, βρισκόμαστε μέσα του. Για να καταλάβουμε τη φύση του κόσμου πρέπει να βρούμε τη θέση που έχουν σ' αυτόν τα άτομα και (σε πλατύτερη έννοια) οι ελέφαντες και η ύλη, και (με επιφύλαξη) το πνεύμα. Κατά κάποιο τρόπο, η ύλη πρέπει να δημιουργήθηκε από κάτι όμοιο με το τίποτε.

Σήμερα, το ηλεκτρονικό μικροσκόπιο με την κατάλληλη προσαρμογή έχει τόση ευαισθησία ώστε να δίνει εικόνες ατόμων¹³. Η περίθλαση με ακτίνες Χ αποτελεί τη βάση της σύγχρονης τεχνικής για την εξακρίβωση της δομής των μορίων και ειδικότερα των μεγαλομορίων που έχουν βιολογική σπουδαιότητα, όπως είναι οι πρωτεΐνες και το DNA. Με αυτή τη μέθοδο τα ηλεκτρόνια φαίνονται ως ομάδες που σχηματίζουν κηλίδες, οι οποίες παριστάνουν σαφώς τα άτομα¹⁴. Το μικροσκόπιο ιονισμένου πεδίου¹⁴ απεικονίζει ξεχωριστά άτομα και με την κατάλληλη προσαρμογή είναι δυνατό να χρησιμοποιηθεί με τόση ακρίβεια ώστε ο πειραματιστής να μπορεί να εντοπίσει ένα μοναδικό άτομο, να το αποσπάσει από την επιφάνεια του δείγματος και να το αναγνωρίσει ή κατά κάποιο τρόπο να το χρησιμοποιήσει.

Η διάμετρος ενός ατόμου είναι της τάξης των 2×10^{-8} εκατοστομέτρων. Στις αποστάσεις αυτές κυριαρχεί η ηλεκτροστατική αλληλεπίδραση ανάμεσα στον πυρήνα και τα ηλεκτρόνια που υπάρχουν γύρω του. Η δύναμη χαρακτηρίζεται από μια θεμελιώδη* σταθερά α που έχει τιμή ίση περίπου με $1/137$. Η διάμετρος ενός ατόμου είναι αντιστρόφως ανάλογη του α , οπότε αν είχε διπλάσια τιμή απ' αυτήν που έχει σήμερα, οι άνθρωποι θα είχαν το μισό ύψος, θα είχαν οχτώ φορές μεγαλύτερη πυκνότητα και θα ήταν περισσότερο δραστήριοι¹⁵.

* Το α (σταθερά λεπτής υφής ή δομής) είναι ένας συγκεκριμένος συνδυασμός τριών παγκόσμιων σταθερών: του φορτίου του ηλεκτρονίου e , της σταθεράς του Planck h και της ταχύτητας του φωτός c : δίνεται από την σχέση $\alpha = e^2/hc \approx 1/137$ ^{ΣΤ. ΙΣΤ} (Σ.τ.μ.)

Ευτυχώς, όμως, τα ερωτηματικά μας για την πολυπλοκότητα της αρχικής δημιουργίας λιγόστεψαν καθώς η επιστημονική έρευνα ξεκαθάριζε το πρόβλημα της δομής της ύλης. Δεν είμαστε πια αναγκασμένοι να εξηγήσουμε πώς γεννήθηκαν οι ελέφαντες και ποια είναι η εσωτερική τους πολυπλοκότητα. Τώρα το πρόβλημα βρίσκεται στο πώς γεννήθηκαν τα συστατικά των ατόμων.

Ξέρουμε πως τα άτομα υπάρχουν γιατί μπορούμε και τα βλέπουμε. Πολύπλοκοι τύποι μικροσκοπίων μας δίνουν εικόνες των ατόμων και μας επιτρέπουν να φωτογραφίζουμε τα μόρια. Μπορούμε να διασπάμε τα άτομα και να βλέπουμε τι περιέχουν.

Τα άτομα είναι πολύ μεγάλα: κι έτσι πρέπει να είναι γιατί στο εσωτερικό τους υπάρχουν πολλά πράγματα. Είναι αλήθεια πως συνήθως τα θεωρούμε πολύ μικρά· αυτό όμως οφείλεται μόνο στο ότι εμείς είμαστε πολύ μεγάλοι (ειδικά γι' αυτό το λόγο). Μπορούμε να αντιληφθούμε πόσο μεγάλο είναι το άτομο αν φανταστούμε πως μεγαλώνει μέχρι ο πυρήνας του να αποκτήσει το μέγεθος ενός ανθρώπου· τότε το νέφος των ηλεκτρονίων του θα απλώνεται σε μια σφαίρα εκατό χιλιομέτρων γύρω από τον πυρήνα.

Η μεγάλη έκταση του εξωτερικού μέρους των ατόμων εξηγεί την αδυναμία ελέγχου του κεντρικού πυρήνα στα ηλεκτρόνια που τον περιβάλλουν. Αυτή η αδυναμία ελέγχου βρίσκεται στη βάση του πλούτου της ζωής: Αυτό σημαίνει πως από τα μόρια ευκολότατα αποσπώνται άτομα και από παλιές διατάξεις ατόμων μπορεί να προκύψουν καινούργιες (νέα μόρια). Χάρη σ' αυτή τη μικρή αδυναμία, οι δομές των μορίων έχουν τη δυνατότητα να τροποποιούνται ανάλογα με τις συνθήκες του περιβάλλοντος κι έτσι δεν συνιστούν αυστηρά αμετά-

Ο αριθμός των ατόμων που χρειάζονται για να προκύψει ένα πολύπλοκο πλάσμα μελετήθηκε με γενικό τρόπο και κάπως απλοϊκά από τον Schrödinger¹⁶.

Ο ριθμός της εξέλιξης συνοψίζεται από τον F. Dyson ως εξής: «κοιτάζοντας πίσω στην ιστορία της ζωής, βλέπουμε ότι για να αναπτυχθεί ένα νέο είδος χρειάστηκαν 10^6 χρόνια, ένα γένος 10^7 χρόνια, μια τάξη 10^8 χρόνια, ένα φύλο 10^9 χρόνια και λιγότερο από 10^{10} χρόνια για να διανυθεί ολόκληρος ο δρόμος από τα μυξοβακτήρια ως τον Άνθρωπο τον Σοφό (*Homo Sapiens*).

Αν οι διάφορες παράμετροι έμεναν ίδιες (και ειδικότερα η θερμοκρασία του περιβάλλοντος, που είναι ανεξάρτητη από το α) και η τιμή του α ήταν μεγαλύτερη μόνο κατά 1%, θα χρειαζόταν διπλάσιος χρόνος για την εξέλιξη του ανθρώπου. Αν η τιμή του α ήταν διπλάσια, για να φανερωθεί ο άνθρωπος θα χρειαζόνταν περίπου 10^{62} χρόνια, δηλαδή πολύ περισσότερα από τη σημερινή ηλικία του Σύμπαντος (10^{10} χρόνια). Οι δυνάμεις που δρουν μέσα στους πυρήνες είναι περίπου εκατό φορές ισχυρότερες από τις ηλεκτρικές και θα σημειώνονταν ασήμαντες μεταβολές, εκτός από τις περιοχές όπου υπάρχουν πολύ υψηλές θερμοκρασίες, όπως στα κέντρα των πυρηνικών εκρήξεων ή στο εσωτερικό των άστρων. Η μεταβολή του α έχει πολλές συνέπειες, μερικές από τις οποίες θα δούμε παρακάτω¹⁸.

βλητες διατάξεις. Αν οι δομές ήταν περισσότερο άκαμπτες, ο μόνος τρόπος για να γίνουν αλλαγές θα ήταν με πανίσχυρα μέσα του τύπου των πυρηνικών εκρήξεων, οπότε δεν θα εμφανίζονταν τελικά κάποια λεπτεπίλεπτα πράγματα όπως το πνεύμα ή η συνείδηση. Η εξέλιξη θα ήταν τόσο καταστρεπτική όσο είναι τώρα δημιουργική.

Ενώ η ευθραυστότητα των μοριακών δομών επιτρέπει στην ύλη να αντιδρά σε ήπιες επιδράσεις του περιβάλλοντος και να εξελίσσεται με λεπτότητα σε πολύπλοκες μορφές, συνεχίζει παράλληλα να συμβάλλει στην πολιτιστική πολυπλοκότητα των ειδών. Ενώ τα μόρια ενός οργανισμού αντιδρούν στις επιδράσεις του περιβάλλοντός τους, ο οργανισμός μπορεί να κάνει παρατηρήσεις. Συνέπειες των παρατηρήσεων είναι οι ιδέες και οι εφευρέσεις της διάνοιας που με τη σειρά τους είναι εκδηλώσεις των μετατοπίσεων ατόμων και των τροποποιήσεων των μοριακών δομών μέσα στον εγκέφαλο.

Η παροδικότητα είναι το μειονέκτημα της ευαισθησίας της απόκρισης. Μικρές εκτροπές από τους περιορισμούς αρκούν για να προκαλέσουν το θάνατο. Η θερμότητα που ζεσταίνει, μπορεί αν ξεπεράσει κάποιο όριο να ζεματίσει και να κάψει. Γι' αυτό άλλωστε πεθαίνουμε τόσο εύκολα.

Ενώ τα εξωτερικά μέρη των ατόμων είναι περιοχές στις οποίες επικρατούν ασθενείς δυνάμεις, η *ύπαρξη του πυρήνα* δείχνει ότι στην κεντρική περιοχή του ατόμου πρέπει να δρουν ισχυρότερες δυνάμεις. Μόνο μια πολύ ισχυρή δύναμη θα μπορούσε να συγκρατήσει τα συστατικά του πυρήνα σ' ένα πυκνό σύνολο. Γι' αυτό το λόγο οι πυρηνικές μεταβολές είναι πολύ μεγαλύτερες από ενεργειακή και οικονομική άποψη συγκριτικά με τις χημικές μεταβολές, και γι' αυτό οι αλχημιστές απέ-

Μια ρεαλιστική επισκόπηση της σύγχρονης σωματιδιακής φυσικής υπάρχει στο βιβλίο του J.C. Polkinghorne¹⁹. Ο συγγραφέας έγραψε αυτό το βιβλίο όταν εγκατέλειψε την έδρα της θεωρητικής Φυσικής για να ενταχθεί στο ιερατείο της Αγγλικανικής Εκκλησίας. Μια ευκολότερη εισαγωγή γραμμένη με μεγάλη κομψότητα και φαντασία βρίσκεται στο βιβλίο του N. Calder⁷ που εξηγεί ικανοποιητικά τη φύση των δυνάμεων και το ρόλο των πολυάριθμων στοιχειωδών σωματιδίων.

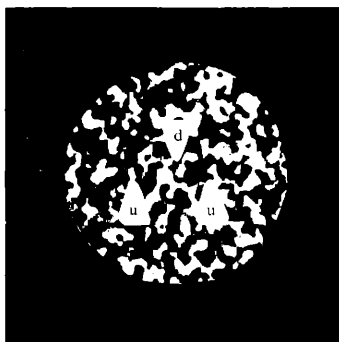
Πρέπει να υπάρχει κάποιο είδος εσωτερικής δομής η οποία να επιτρέπει τη διάκριση των διαφόρων τύπων κουάρκ που έχουν ανακαλυφθεί ως τώρα. Ένα από τα πράγματα που πρέπει να κάνουμε, είναι να εξακριβώσουμε κάποιο είδος πρωταρχικού συστατικού. Στις επόμενες σελίδες θα δούμε ένα τέτοιο ενδεχόμενο. Αυτές οι παρατηρήσεις αποκλείουν την πιθανότητα οι πραγματικά έσχατες μονάδες να είναι οργανωμένες σε ομάδες απλούστερες από τα κουάρκ, οπότε και αυτά πρέπει να έχουν κάποιο είδος εσωτερικής δομής, παρόλο που δεν έχουν χωρική έκταση.

τυχαν στις δειλές προσπάθειές τους να μετατρέψουν τα χημικά στοιχεία.

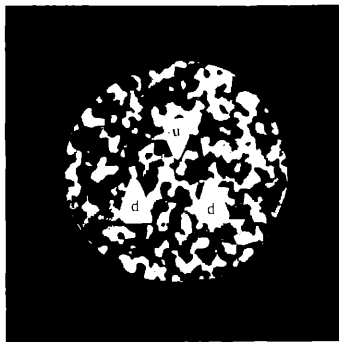
Οι ισχυρές δυνάμεις που συγκρατούν τους πυρήνες πρέπει να έχουν μικρή εμβέλεια γιατί διαφορετικά ολόκληρο το Σύμπαν θα είχε ήδη συσπειρωθεί σε ένα μοναδικό κομμάτι ύλης. Επιπλέον, ενώ οι ισχυρές δυνάμεις ασκούν τον έλεγχο τους στους μικρούς πυρήνες των ελαφρών ατόμων, σε βαρύτερους πυρήνες (όπως του ουρανίου που περιλαμβάνει περίπου διακόσια σωματίδια) χάνουν τον έλεγχο τους κι έτσι ο πυρήνας τείνει να διασπαστεί. Το πόσο ωφέλιμη είναι αυτή η διάσπαση προσδιορίζεται ακριβώς από το αν είναι ελεγχόμενη ή όχι.

Οι ελέφαντες έχουν εσωτερική δομή, ένα σύνολο από μόρια. Τα μόρια έχουν κι αυτά εσωτερική δομή: τα άτομά τους που συνδέονται μεταξύ τους με ασθενείς δυνάμεις. Όμως και τα άτομα έχουν εσωτερική δομή, ένα νέφος από ηλεκτρόνια και στο κέντρο έναν πυρήνα. Εσωτερική δομή έχουν και οι πυρήνες, δηλαδή τα ισχυρώς συνδεδεμένα μεταξύ του *πρωτόνια* και *νετρόνια*. Μήπως οι φλούδες του «κρεμμυδιού» είναι άπειρες;

Φαίνεται πως όχι. Είναι γνωστή μια ακόμη δομή που διαπιστώσαμε όταν προσπαθήσαμε να διασπάσουμε ελεύθερα πρωτόνια. Βρήκαμε πως κάτι τέτοιο είναι αδύνατο (κι αυτό είναι σημαντικό), μπορέσαμε όμως να διακρίνουμε στο εσωτερικό τους συστατικά μέρη, τα «κουάρκ» (quarks). Όπως τα ηλεκτρόνια, έτσι και τα κουάρκ φαίνεται πως δεν έχουν χωρική έκταση και πως τους λείπει η εσωτερική δομή: συμπεριφέρονται σαν αδιάστατα σωματίδια χωρίς εσωτερικά συστατικά μέρη. Εδώ πρέπει να φτάσαμε στην έσχατη απλότητα, σχεδόν στο τέλος του ξεφλουδίσματος γιατί κάθε πράγμα που έχει δομή είναι αρκετά πολύπλοκο συγκριτικά με το



Πρωτόνιο = 2 κουάρκ *u* +
+ 1 κουάρκ *d*



Νετρόνιο = 2 κουάρκ *d* +
+ 1 κουάρκ *u*

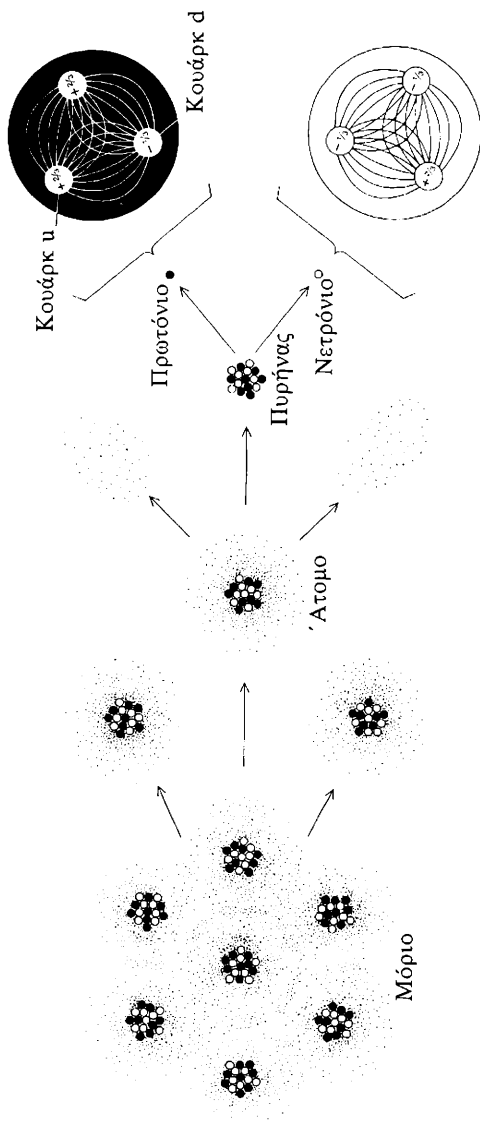
Υπάρχουν δύο κατηγορίες λέξεων: Η μία περιλαμβάνει όσες μας δίνουν την εντύπωση ότι ξέρουμε για ποιο πράγμα μιλάμε. Ο καθένας γνωρίζει π.χ. τι σημαίνει «ηλεκτρικό φορτίο», ως τη στιγμή τουλάχιστον που θα του ζητηθεί να το εξηγήσει. Η δεύτερη κατηγορία περιλαμβάνει όρους που παραδεχόμαστε εξ αρχής πως δεν λένε τίποτα: με κάπως ειρωνική διάθεση τους δίνουμε γνωστά ονόματα από την καθημερινότητα όπως «χρώμα», «άρωμα», «παραδοξότητα» ή «γοητεία». Μερικοί έχουν αντιρρήσεις γι' αυτή τη χιουμοριστική ονοματολογία^{ΣΤ}· όμως αυτοί οι όροι έχουν δύο καλά*: είναι διασκεδαστικοί, κάτι που δεν πρέπει να αποκλείεται στην επιστήμη, και ύστερα υποδηλώνουν αναμφίβολα το γεγονός ότι είναι κωδικές λέξεις που χρειάζεται να διασαφηνιστούν περισσότερο.

* Υπάρχει κι ένα τρίτο καλό: εμποδίζουν τυχόν ζημιογόνες συγχύσεις που μπορεί να προκαλέσουν οι λέξεις με υψηλό εννοιολογικό περιεχόμενο — π.χ. «αιθέρας»^Ζ. (Σ.τ.μ.).

απόλυτα απλό. Η πολυπλοκότητα ακόμη και στην πιο υποτυπώδη μορφή της (όπως π.χ. η έκταση στο χώρο) πρέπει να είναι ένας χαρακτηριστικός συνδυασμός απλοτήτων κι όχι κάτι μονοκόμματο.

Νομίζω πως εδώ χρειάζεται να κάνουμε μια στάση και να δούμε πού ακριβώς βρισκόμαστε. Η συνταγή για την κατασκευή του Σύμπαντος πιθανότατα είναι απλή. Φαίνεται πως χρειαζόμαστε κουάρκ, ηλεκτρόνια, ίσως και λίγα ακόμη πράγματα, όπως και μερικά είδη δυνάμεων για να τα συγκρατούν με διαφορετικούς βαθμούς έντασης. Οπωσδήποτε, η συνταγή είναι ακόμη αρκετά περίπλοκη και ανεπαρκής. Είναι περίπλοκη γιατί απαιτεί την προδιαγραφή και τη δημιουργία τουλάχιστον μισής δωδεκάδας συστατικών του Σύμπαντος, και φυσικά δεν είναι αυτό που εννοούμε όταν μιλάμε για εξαιρετική απλότητα. Αλλά και η φαινομενική της απλότητα είναι απατηλή γιατί πίσω από τις λέξεις κρύβονται περιπλοκές. Μπορούμε να ισχυριστούμε πως έχουμε πραγματικά κατανοήσει μόνον όταν ξέρουμε την αληθινή σημασία των λέξεων «δύναμη», «ηλεκτρόνιο» κ.λ.π. Τα ονόματα είναι σύμβολα· η εξοικείωση μαζί τους δεν πρέπει να εκληφθεί ως κατανόηση.

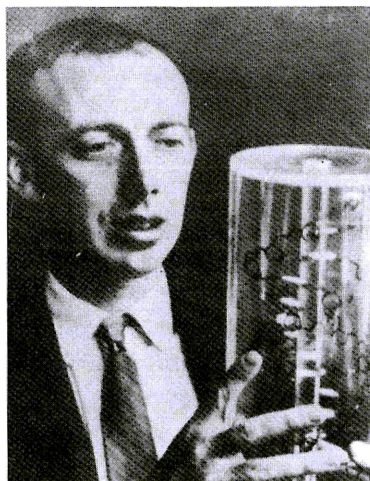
Ο δρόμος που θ' ακολουθήσουμε είναι σαφής. Θα εξετάσουμε τη σημασία των απλών, κοινών εννοιών που εισχώρησαν σιγά σιγά στις περιγραφές μας, η οποία συνήθως θεωρείται δεδομένη. Θα υποστηρίξω ότι οι περισσότερες λέξεις κατά βάθος είναι κενές περιεχομένου και ότι έχουν αποκτήσει επιπόλαιη σημασία με σκοπό να απομονώνουν και να διευκολύνουν τη συνεννόηση. Θα προσπαθήσω να δείξω ότι οι περισσότερες έννοιες που εκ πρώτης όψεως φαίνεται να παίζουν αποφασιστικό ρόλο στην κατανόηση της λειτουργίας του κόσμου, μπορεί να μην έχουν κανένα περιεχόμενο.



Όταν φύγουν από τη μέση αφήνουν πίσω τους αυτό που αληθινά και πρακτικά μένει: δηλαδή στην πραγματικότητα τίποτε.



Francis Crick



James Watson



Isaac Newton
(1642-1727)



Charles Darwin
(1809-1882)

Πρώτος προσανατολισμός

Κάνουμε ένα ταξίδι για να ανακαλύψουμε την έσχατη φύση του Σύμπαντος και τον τρόπο που σχηματίστηκε. Πιστεύω πως ο έσχατος ιστός πρέπει να έχει εξαιρετική απλότητα και ότι η πολυπλοκότητα και ο πλούτος που αντιλαμβανόμαστε είναι αποτέλεσμα μιας συσσώρευσης πρωταρχικών πραγμάτων σε ομάδες. Επίσης, πιστεύω ότι κατά τη δημιουργία του κόσμου σχηματίστηκαν μόνο πολύ απλά πράγματα και συνεπώς το έργο του δημιουργού ήταν πολύ εύκολο. Αναπτύσσω την άποψη ότι ο μόνος τρόπος για να εξηγηθεί η δημιουργία είναι να δείξω πως ο δημιουργός δεν χρειαζόταν να κάνει τίποτα απολύτως κι έτσι θα μπορούσε ωραιότατα να μην υπάρχει. Μπορούμε να συλλάβουμε την ύπαρξη ενός άπειρα σκνηρού δημιουργού, ενός δημιουργού που δεν κάνει τίποτε, αν αναλύσουμε τις φαινομενικές πολυπλοκότητες σε απλότητες. Ελπίζω πως στο τέλος του ταξιδιού θα βρω τον τρόπο να εξηγήσω γιατί μπορεί να χαθεί ο ανύπαρκτος δημιουργός και να εξαφανιστεί απ' το προσκήνιο.

Θέλοντας να επιστήσω την προσοχή σας στα συμπεράσματα που οδηγούν οι καινοτοπίες, και για να δείξω ότι η φαινομενική πολυπλοκότητα σε τελική ανάλυση είναι οργανωμένη απλότητα, θα στραφώ τώρα στις αιτίες των αλλαγών. Θα υποστηρίξω πως όλες οι μορφές αλλαγής, από τις απλούστερες (όπως είναι π.χ. η ψύξη) ως τις πολυπλοκότερες (όπως π.χ. η μόρφωση γνώμης) είναι προβολές πρωταρχικών γεγονότων στον αντιληπτό κόσμο. Θα δούμε πως όλα όσα συμβαίνουν γύρω μας και μέσα μας έχουν το ίδιο κίνητρο: οδηγούνται από μια άσκητη κατάρρευση προς το χάος.

2. Γιατί τα πράγματα αλλάζουν

Η αλλαγή εμφανίζεται με πολλά πρόσωπα. Υπάρχουν απλές αλλαγές, όπως το σταμάτημα μιας κινούμενης μπάλας ή το λιώσιμο του πάγου. Υπάρχουν και πιο πολύπλοκες αλλαγές, όπως η πέψη, η ανάπτυξη, η αναπαραγωγή, ο θάνατος. Υπάρχουν ακόμη εξαιρετικά λεπτές αλλαγές, όπως η μόρφωση γνώμης ή η δημιουργία και η απόρριψη ιδεών. Παρά τον πλούτο των εκδηλώσεών τους, στην πραγματικότητα οι αλλαγές έχουν κοινή πηγή. Όπως όλα τα θεμελιώδη πράγματα, έτσι και αυτή η πηγή είναι εξαιρετικά απλή.



Freeman Dyson

Ποιότητα; Τι είναι ποιότητα; Αυτόν τον όρο τον εισήγαγε ο F. Dyson²⁰. Προς το παρόν υποθέστε ότι η εντοπισμένη ενέργεια είναι ενέργεια με ικανότητα να δώσει έργο και επομένως, κατά κάποιο τρόπο, έχει «υψηλή ποιότητα». Έργο σημαίνει διατεταγμένη κίνηση και θερμότητα σημαίνει άτακτη κίνηση. Κατά τη διαδικασία οποιασδήποτε μεταβολής, η εξαιρετικά εντοπισμένη ενέργεια διασκορπίζεται και δεν μπορούμε να προσδιορίσουμε πού ακριβώς βρίσκεται. Ο Dyson καθιερώνει μια «σειρά αξιολόγησης» των διαφόρων μορφών ενέργειας (σελ.). Την πρώτη θέση του πίνακα κατέχει η βαρυτική ενέργεια, η οποία έχει τον ανώτερο βαθμό ευγένειας^F. Στην τελευταία θέση βρίσκεται η ενέργεια της κοσμικής ακτινοβολίας μικροκυμάτων. Η τελευταία αντιστοιχεί στην έσχατη «θερμική παγίδα», από την οποία η ενέργεια δεν μπορεί με κανέναν τρόπο να υποβαθμιστεί περισσότερο.

Η οργανωμένη αλλαγή, η επίτευξη κάποιου αποτελέσματος όπως η κατασκευή ενός βάζου, η συγκομιδή ή η σύλληψη μιας ιδέας, προκαλείται από τις ίδιες αιτίες που σταματούν την κινούμενη μπάλα ή προκαλούν το λιώσιμο του πάγου. Θα υποστηρίξω ότι πίσω απ' όλες τις αλλαγές βρίσκεται μια κατάρρευση στο χάος. Θα δούμε ότι αυτό που εκλαμβάνουμε σαν κίνητρο ή σκοπό, στην πραγματικότητα είναι μια άσκοπη και χωρίς κανένα κίνητρο αποσύνθεση. Οι φιλόδοξες επιδιώξεις και η πραγμάτωσή τους τροφοδοτούνται με αποσύνθεση.

Η αποσύνθεση βρίσκεται στο βάθος κάθε αλλαγής. Αυτό που αποσυντίθεται δεν είναι η ποσότητα αλλά η *ποιότητα* της ενέργειας. Θα εξηγήσω παρακάτω τι σημαίνει ενέργεια υψηλής ποιότητας, προς το παρόν όμως μπορείτε να τη φανταστείτε ως *εντοπισμένη* ενέργεια που μπορεί να προκαλέσει μεταβολές. Καθώς πραγματοποιεί την αλλαγή, η εντοπισμένη ενέργεια παίρνει χαοτική μορφή (όπως όταν καταρρέει ένα οικοδόμημα από τραπουλόχαρτα) και χάνει την αρχική της δυναμικότητα. Με το σκόρπισμα της ενέργειας στο χάος, αυτό που αποσυντίθεται είναι η *ποιότητα* και όχι η ποσότητά της.

Η ανάσχεση της αποσύνθεσης δεν είναι αποκλειστικό προνόμιο των πολιτισμών γιατί παρατηρείται σε όλα τα φαινόμενα του κόσμου και σε ολόκληρο το Σύμπαν. Η ανάσχεση εξηγεί όλες τις αλλαγές που παρατηρούμε στον έμβιο και άβιο κόσμο. Η υποβάθμιση της ποιότητας της ενέργειας μοιάζει με το αργό ξετύλιγμα ενός ελατηρίου. Καθώς αποδυναμώνεται αυτόματα η ποιότητα της ενέργειας, το ελατήριο του Σύμπαντος ξετυλίγεται. Η ποιότητα υποβαθμίζεται αυτόματα ενώ η αυτόματη υποβάθμιση κυβερνά τα αλληλεξαρτώμενα

Σ' αυτό το κεφάλαιο επικρατεί η έννοια της εντροπίας^{14, Ε.*}. Πρόκειται για τον κόσμο του δεύτερου θερμοδυναμικού νόμου που εξηγείται με βάση τη μοριακή θεωρία και αναφέρεται σε οποιοδήποτε εγχειρίδιο της θερμοδυναμικής: συγκεφαλαιώνει τις εμπειρίες μας σχετικά με την κατεύθυνση των φυσικών μεταβολών και είναι συμβιβαστός με την παρατήρηση ότι κάθε φορά που σημειώνεται μια μεταβολή, η εντροπία του κόσμου αυξάνεται. Αυτή πάλι είναι συμβιβαστή με την παρατήρηση ότι οι δρόμοι διανομής της διαθέσιμης ενέργειας αυξάνονται πάντοτε.

* Η εντροπία μπορεί να θεωρηθεί ως μέτρο της ατομικής αταξίας: η αύξηση της αταξίας αντιστοιχεί σε αύξηση της εντροπίας ενώ η αύξηση της τάξης σε μείωση της εντροπίας (Σ.τ.μ.).

Το ότι τα τυχαία «σπρωξίματα» οδηγούν σε μη αντιστρεπτή μεταβολή μπορούμε να το καταλάβουμε αν εξετάσουμε το αποτέλεσμα που έχουν οι τυχαίες κινήσεις πάνω σε ορισμένη κατεύθυνση. Ας υποθέσουμε ότι ένα αντικείμενο μπορεί να κάνει βήματα προς τα δεξιά ή τα αριστερά με ίσες πιθανότητες. Ενώ δεν μπορούμε να ξέρουμε την κατεύθυνση που κινείται το αντικείμενο σε κάθε βήμα του, μπορούμε εντούτοις μετά από έναν ορισμένο αριθμό βημάτων να προβλέψουμε την πιθανότητα να βρίσκεται σε μια συγκεκριμένη απόσταση από το σημείο εκκίνησης. Αν θεωρήσουμε ένα πλήθος

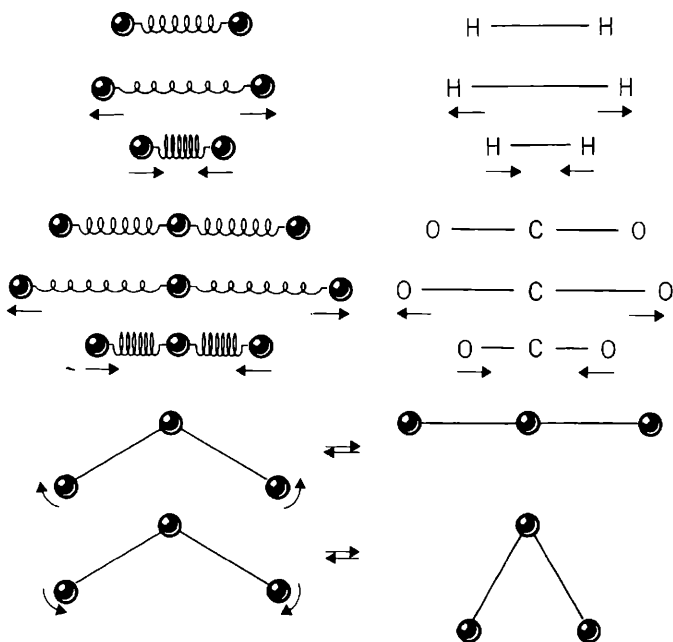
φαινόμενα που συμβαίνουν γύρω μας όπως και μέσα μας σαν τα αλληλεμπλεκόμενα γρανάζια των τροχών μιας πολύπλοκης μηχανής. Η πολυπλοκότητα της αλληλεξάρτησης είναι τέτοια ώστε εδώ κι εκεί μπορεί παροδικά να υποχωρήσει το χάος και να λάμψει η ποιότητα, όπως όταν χτίζεται ένας καθεδρικός ναός ή όταν εκτελείται μια συμφωνία. Αυτά όμως είναι πρόσκαιρα και τοπικά ξεγελάσματα γιατί βαθύτερα στο Σύμπαν το ελατήριο ξετυλίγεται αναπόφευκτα. Τα πάντα κατευθύνονται από την άσκοπη, χωρίς κίνητρο αποσύνθεση.

Αναφέραμε πως όταν μιλάμε για «ποιότητα» ενέργειας εννοούμε το βαθμό διασποράς της. Η εντοπισμένη ενέργεια είναι υψηλής ποιότητας ωφέλιμη ενέργεια ενώ η διασκορπισμένη χαοτική ενέργεια είναι χαμηλής ποιότητας άχρηστη ενέργεια. Όταν η ενέργεια είναι εντοπισμένη, παρατηρούνται φαινόμενα· όταν όμως είναι διασκορπισμένη χάνει τη δυναμικότητά της να προκαλεί αλλαγές. Υποβάθμιση της ποιότητας σημαίνει χαοτική διασπορά της ενέργειας.

Τώρα θα υποστηρίξω ότι αυτή η διασπορά είναι απόλυτα φυσική, χωρίς κίνητρο και σκοπό. Γίνεται φυσικότητα και αυτόματα και όταν συμβαίνει προκαλεί αλλαγές. Όταν η διασπορά σταματήσει επέρχεται καταστροφή, όταν όμως τρέχει μέσα σε μια αλληλουχία συμβάντων μπορεί να δημιουργήσει πολιτισμούς.

Μπορούμε να καταλάβουμε τη φυσικότητα της τάσης που έχει η ενέργεια να αραιώνει αν φανταστούμε ένα πλήθος ανθρώπων που «σπρώχνονται» μεταξύ τους. Η εντοπισμένη ενέργεια, αυτή που βρίσκεται σε μια περιορισμένη περιοχή, αντιστοιχεί σε ζωηρά σπρωξίματα που γίνονται μόνο σε κάποιο μικρό μέρος του πλήθους. Καθώς τα άτομα συνωθούνται εκεί, μεταβιβάζουν την ενέργειά τους στα γειτονικά τους που κι αυτά εξα-

αντικειμένων συγκεντρωμένων σε κάποια αρχική θέση, επειδή κινούνται συνεχώς και με τυχαίο τρόπο προς τα δεξιά ή τα αριστερά, μερικά απ' αυτά θα βρεθούν αργότερα σε μεγαλύτερη απόσταση (είναι π.χ. δυνατό, αλλά όχι απίθανο, ένα απ' αυτά να έκανε όλα τα βήματα προς τα δεξιά) ενώ τα περισσότερα θα βρεθούν κοντά στην αρχή. Με την πάροδο του χρόνου όμως, η πυκνότητα του πληθυσμού στην αρχική θέση συνεχίζει να μικραίνει (εντούτοις υπάρχει μια ασήμαντη πιθανότητα, αλλά πραγματική δυνατότητα, όλα τα αντικείμενα να ξαναβρεθούν κάποτε στην αρχή απ' όπου ξεκίνησαν). Έτσι έχουμε μη αντιστρεπτή μεταβολή από τυχαίες κινήσεις (σπρωξίματα). Γι' αυτό το θέμα υπάρχουν πολλές εργασίες^{21, 22}.



Δονήσεις ατόμων στα μόρια

Μπορούμε να θεωρήσουμε πως η ενέργεια μεταφέρεται κατά

ναγκάζονται να σπρώξουν άλλα· έτσι οι κινήσεις διασπείρονται γρήγορα σαν το ανακάτεμα των φύλλων μιας τακτοποιημένης τράπουλας. Υπάρχει μια μικρή πιθανότητα τα άτομα με τις αρχικές ζωηρές κινήσεις τους να ξαναβρεθούν στο ίδιο αρχικό μέρος και όλα τα υπόλοιπα να ακινητοποιηθούν. Αυτά τα σπασμωδικά άσκοπα σπρωξίματα έχουν αποτέλεσμα μια *μη αντιτρεπτή* μεταβολή.

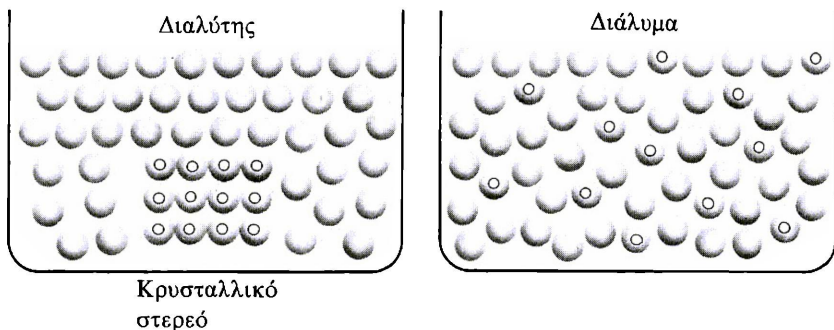
Η φυσική τάση της ενέργειας για διασπορά εξηγεί τις απλές διαδικασίες όπως είναι η ψύξη ενός θερμού μετάλλου. Η ενέργεια του μετάλλου, που είναι αποταμιευμένη με τη μορφή έντονων δονήσεων των ατόμων του, μεταφέρεται με ωθήσεις στο περιβάλλον. Το αποτέλεσμα των μεμονωμένων ωθήσεων μπορεί να είναι η μετάδοση ενέργειας σε ορισμένες κατευθύνσεις. Επειδή όμως στον κόσμο υπάρχουν πολύ περισσότερα άτομα απ' όσα μέσα στο μεταλλικό κομμάτι, υπάρχει πολύ μεγάλη πιθανότητα η ενέργεια του κομματιού να διασκορπιστεί (ή να χαθεί).

Τα μοντέλα μας εξαπατούν γιατί μας κάνουν να νομίζουμε πως υπάρχουν σκοπιμότητες. Νομίζουμε πως υπάρχουν λόγοι για τους οποίους συμβαίνει μια συγκεκριμένη αλλαγή κι όχι κάποια άλλη. Θα μπορούσαμε να φανταστούμε ότι υπάρχουν λόγοι να γίνονται συγκεκριμένες αλλαγές εκεί που βρίσκεται ενέργεια (όπως μια αλλαγή δομής ή το άνοιγμα ενός άνθους)· όμως, κατά βάθος, ολόκληρο το πρόβλημα είναι η υποβάθμιση με διασπορά.

Υποθέστε τώρα ότι σε κάποια περιοχή υπάρχουν πολύ περισσότερες θέσεις για να συγκεντρωθεί ενέργεια απ' όσες σε άλλες περιοχές. Τότε τα σπρωξίματα και τα τυχαία άλματα θα την συγκεντρώσουν εκεί. Αρχικά η ενέργεια μπορεί να συγκεντρωθεί κάπου αλλού, τελικά

δέσμες, τα κβάντα, και ότι αποθηκεύεται με τη μορφή μοριακών κινήσεων διαφόρων τύπων και διαφόρων διατάξεων των ατόμων στο μόριο. Η αποθήκευση μικρών ή μεγάλων ποσοτήτων ενέργειας σ' ένα μόριο ή σε ομάδα μορίων εξαρτάται από τη σύστασή τους. Ένα σύνθετο μόριο μπορεί να θεωρηθεί σαν ένας λαβύρινθος στον οποίο αποθηκεύεται η ενέργεια: υπάρχουν τόσο πολλές θέσεις όπου μπορεί να εγκατασταθεί η ενέργεια, ώστε μπορούμε να πούμε πως στοιβάζεται μέσα στο μόριο για αρκετό χρόνο πριν διαφύγει στο περιβάλλον. Αν λοιπόν η ενέργεια σπρώχνεται τυχαία απ' όλες τις διευθύνσεις της γύρω περιοχής, θα παγιδευτεί στο εσωτερικό του μορίου. Εντούτοις η ενέργεια διαχέεται ενώ οι θέσεις μέσα στο μόριο στις οποίες μπορεί να αποταμιευτεί είναι τόσο πολλές ώστε να δίνεται η εντύπωση ότι ευνοείται κάποια θέση εις βάρος μιας άλλης.

Όλες οι φυσικές μεταβολές αντιστοιχούν σε αύξηση της εντροπίας και το βασικό στην παρατηρούμενη μη αντιστρεψιμότητα της ιστορίας του Σύμπαντος^{22, 23, 4} είναι το εξαιρετικά απίθανο γεγονός η ενέργεια, τα άτομα και τα μόρια να ξαναπάρουν τις αρχικές θέσεις και διατάξεις.



Κατά το σχηματισμό ενός διαλύματος η αταξία αυξάνει

όμως θα βρεθεί συσσωρευμένη εκεί όπου οι ειδικές θέσεις είναι πυκνότερες. Ένας επιπόλαιος παρατηρητής θα αναρωτηθεί γιατί η ενέργεια προτίμησε να πάει εκεί. Θα συμπεράνει ότι υπήρχε κάποια σκοπιμότητα και θα προσπαθήσει να βρει κάποιο σκοπό. Όμως εμείς καταλαβαίνουμε πως το ότι «βρέθηκε» εκεί δεν πρέπει να συγχέεται με το «προτίμησε» να πάει εκεί.

Οι αλλαγές θέσης, κατάστασης, σύνθεσης ή γνώμης κατά βάθος είναι όλες διασπορές. Αν όμως η διασπορά φέρνει την ενέργεια σε περιοχές που είναι δυνατή η πυκνή της συγκέντρωση, η απλή εξάπλωση δίνει την ψευδαίσθηση της σκόπιμης αλλαγής.

Η βαθύτερη ανάλυση μας αποκαλύπτει την εξαφάνιση του σκοπού. Στη θέση του βρίσκονται οι συνέπειες της δυνατότητας που έχει η ενέργεια στην εξερεύνηση τυχαίων θέσεων, όπου μπορεί να σταθμεύει μέχρι να της δοθούν νέες ευκαιρίες για νέες εξερευνήσεις.

Τα συμβάντα του κόσμου είναι εκδηλώσεις της παντοδυναμίας των πιθανοτήτων. Όλα όσα συμβαίνουν στη φύση από την αναπήδηση μιας μπάλας ως τη σύλληψη της έννοιας των Θεών, αποτελούν όψεις και βελτιώσεις αυτής της απλής ιδέας. Δεν πρέπει όμως να προσπεράσουμε τη λέξη «πιθανότητα» χωρίς να τη διασαφηνίσουμε. Η ενέργεια θα μπορούσε να ξαναβρεθεί τυχαία στην αρχική της θέση και να ξανασχηματίσει μια δομή. Επίσης τυχαία θα μπορούσε να επιστρέψει από το περιβάλλον στο μεταλλικό κομμάτι κι ένας παρατηρητής θα έβλεπε ένα ψυχρό αντικείμενο να θερμαίνεται αυτόματα, ή τα πεσμένα τραπουλόχαρτα να ξαναφτιάχνουν κάποιο οικοδόμημα. Όμως, τέτοια ενδεχόμενα έχουν τόσο μικρές πιθανότητες ώστε μπορούμε να τα αγνοούμε ως *εντελώς απίθανα*. Αλλά τα απίθανα δεν είναι και *αδύνατα*.

Χάος: Στη κοσμογονία των αρχαίων Ελλήνων υποδήλωνε την αρχική κενότητα πριν τη δημιουργία του κόσμου. Αργότερα η έννοια αντικαταστάθηκε και σήμαινε κάθε κατάσταση σύγχισης. Ο Παράκελσος χρησιμοποίησε αυτόν τον όρο για να περιγράψει τον αέρα. Σήμερα το «χάος» εκφράζει την άτακτη κίνηση των μορίων ενός αερίου και γενικότερα την αταξία (Σ.τ.μ).

Ως παράδειγμα απλής χημικής αντίδρασης θα πάρουμε την καύση ενός κομματιού κάρβουνου. Αυτή η αντίδραση με την απλούστερη εκδοχή μπορεί να περιγραφεί ως ένωση ενός ατόμου άνθρακα (C) με ένα μόριο οξυγόνου (O_2) από τον αέρα, οπότε σχηματίζεται διοξείδιο του άνθρακα (CO_2). Η αντίδραση ελευθερώνει σημαντικό ποσό ενέργειας. Τη στιγμή που τα δύο άτομα οξυγόνου με το άτομο του άνθρακα διαμορφώνουν το μόριο που αποδίδεται με το μοριακό τύπο CO_2 , η ενέργεια που απελευθερώνεται έχει τη μορφή δονητικής ενέργειας. Αυτή απορροφάται γρήγορα με τις συγκρούσεις των ατόμων του κάρβουνου και από εκεί στο περιβάλλον, μακριά από τη θέση όπου έγινε η αντίδραση. Τα άτομα του οξυγόνου και του άνθρακα είναι τώρα παγιδευμένα με τη μορφή ενός μορίου διοξειδίου του άνθρακα. Το διοξείδιο του άνθρακα δεν διασπάται αυτόματα σ' ένα στρώμα αιθάλης και ένα σύννεφο οξυγόνου γιατί (παρόλο που αυτή η αντίστροφη διαδικασία είναι κατ' αρχήν δυνατή) η πιθανότητα να πραγματοποιηθεί κάτι τέτοιο είναι σχεδόν μηδενική. Για να σχηματιστεί αιθάλη από το διοξείδιο του άνθρακα, πρέπει να προσφερθεί ενέργεια από το περιβάλλον στο μόριο του CO_2 : είναι όμως εξαιρετικά απίθανο να συγκεντρωθεί αυτόματα και ταυτόχρονα η απαιτούμενη ενέργεια στο μικρότατο μόριο του CO_2 ²⁴.

Η έσχατη απλότητα που βρίσκεται πίσω από την τάση για αλλαγή κρύβεται αποτελεσματικότερα σε ορισμένες περιπτώσεις παρά σε άλλες. Έτσι, ενώ η ψύξη εξηγείται εύκολα ως φυσική διασπορά της ενέργειας με «σπρωξίματα», οι διαδικασίες της βιολογικής εξέλιξης, η ελεύθερη βούληση, οι πολιτικές φιλοδοξίες ή οι εχθροπραξίες κρύβουν βαθύτερα την εσωτερική τους απλότητα. Όμως, όσο κρυμμένη κι αν είναι η απλότητα, το ελατήριο της όλης δημιουργίας είναι η αποσύνθεση και κάθε πράξη είναι περισσότερο ή λιγότερο μακρινή συνέπεια της φυσικής τάσης προς τη φθορά.

Η τάση της ενέργειας προς το χάος με τη μεσολάβηση χημικών αντιδράσεων μετασχηματίζεται σε ειρήνη ή πόλεμο. Όταν σκεπτόμαστε να κάνουμε κάτι, όταν διαλογιζόμαστε ή ανταποκρινόμαστε σε κάτι, ο μηχανισμός που λειτουργεί μέσα μας δεν είναι τίποτε άλλο από *χημικές αντιδράσεις*.

Η χημική αντίδραση στην απλούστερη μορφή της είναι αναδιάταξη ατόμων. Μια συγκεκριμένη διάταξη ατόμων αποτελεί ένα είδος μορίου και μια διαφορετική διάταξη, πιθανώς με περισσότερα ή λιγότερα άτομα, συνιστά άλλο είδος μορίου. Σε μερικές αντιδράσεις το μόριο απλώς αλλάζει σχήμα. Σε άλλες ένα μόριο προσλαμβάνει άτομα από άλλα μόρια, τα ενσωματώνει και αποκτά πολυπλοκότερη δομή. Σε άλλες πάλι, ένα σύνθετο μόριο αποικοδομείται ολοκληρωτικά ή μερικά και γίνεται πηγή ατόμων από τα οποία σχηματίζονται άλλα μόρια.

Τα μόρια δεν έχουν ιδιαίτερη τάση να αντιδρούν αλλά και κανένα δεν μένει χωρίς να αντιδράσει. Φυσικά, σ' αυτό το επίπεδο συμπεριφοράς δεν υπάρχει κανένα κίνητρο ή σκοπός. Τότε λοιπόν γιατί πραγματοποιούνται οι χημικές αντιδράσεις; Σ' αυτό το επίπεδο είναι

επίσης αδύνατο να υπάρξει κίνητρο ή σκοπός για ειρήνη ή πόλεμο. Γιατί όμως συμβαίνουν;

Η χημική αντίδραση πραγματοποιείται όταν συνοδεύεται με υποβάθμιση της ενέργειας, οπότε η ενέργεια αποκτά περισσότερο χαοτική μορφή. Κάθε διάταξη ατόμων, κάθε μόριο έχει μια σταθερή τάση να χάνει ενέργεια με τη μορφή ωθήσεων που την απομακρύνουν στο περιβάλλον. Αν μια ομάδα ατόμων μετά από τυχαίες περιπλανήσεις αποκτήσει διάταξη που να αντιστοιχεί σε ένα μόριο, αυτή η τυχαία, πρόσκαιρη διάταξη μπορεί απότομα να σταθεροποιηθεί αν το περιβάλλον απορροφήσει γρήγορα την ενέργεια που απελευθερώνεται. Οι χημικές αντιδράσεις είναι μετασχηματισμοί από ατυχήματα.

Τα άτομα των μορίων συνδέονται μεταξύ τους χαλαρά και οι αναδιατάξεις που απολήγουν σε χημικές αντιδράσεις είναι κοινότατο φαινόμενο. Αυτός είναι ένας από τους λόγους εμφάνισης της συνείδησης από την άβια ύλη της αρχικής δημιουργίας. Αν τα μόρια είχαν τόσο στέρεη δομή όση και οι πυρήνες των ατόμων, η πρωταρχική μορφή της ύλης θα ήταν δέσμια της μονιμότητας και το Σύμπαν θα είχε πεθάνει πριν ακόμη ξυπνήσει.

Όμως, η ευπάθεια των μορίων δημιουργεί προβλήματα. Γιατί το Σύμπαν δεν έχει ήδη καταρρεύσει σε αόδρανή «λάσπη»; Αν τα μόρια ήταν ελεύθερα να αντιδράσουν κάθε φορά που έρχονταν σε επαφή με άλλα μόρια, η ικανότητα για αλλαγές στον κόσμο θα είχε ασφαλώς εξαντληθεί πριν από πολύ καιρό. Τα γεγονότα δεν θα είχαν ειρμό και θα γίνονταν τόσο γρήγορα ώστε δεν θα υπήρχε χρόνος να αναπτυχθεί αυτός ο τεράστιος πλούτος των χαρισμάτων του κόσμου όπως η ζωή και η αυτογνωσία της.

Όταν λέω ότι η ενέργεια ρυθμίζει την υποβάθμισή της έχω στο μυαλό μου την ενέργεια ενεργοποίησης των χημικών αντιδράσεων²⁴. Για να πραγματοποιηθεί μια χημική αντίδραση πρέπει να ικανοποιούνται δύο συνθήκες. Η πρώτη είναι ότι τα προς αντίδραση σώματα πρέπει να έρθουν σε επαφή. Η δεύτερη είναι ότι αφού συναντηθούν τα αντιδραστήρια, πρέπει να διαθέτουν αρκετή ενέργεια ώστε να πραγματοποιηθεί η αντίδραση (ενέργεια ενεργοποίησης). Η πιθανότητα να διαθέτουν τουλάχιστον αυτή την ποσότητα ενέργειας, εκφράζεται από έναν τύπο που είναι γνωστός ως «κατανομή Boltzmann». Αυτός ο τύπος είναι μια πιθανοκρατική σχέση που προκύπτει από την παραδοχή ότι η ενέργεια κατανέμεται τυχαία ανάμεσα σε όλους τους διαθέσιμους τρόπους κίνησης των μορίων. Η σταθεροποίηση των μορφών από την ενέργεια ενεργοποίησης εξηγείται από το ότι η κατανομή Boltzmann δίνει πολύ μικρή πιθανότητα να έχουν τα μόρια την απαιτούμενη ενέργεια ώστε να αντιδράσουν σε κανονικές θερμοκρασίες.

Ένας άλλος περιορισμός στην υποβάθμιση της ενέργειας, περιγράφεται από τον Dyson²⁰ ο οποίος αναφέρει πολλούς ανασχετικούς παράγοντες ή εμπόδια που καθυστερούν την τελική κατάρρευση. Ένας τέτοιος παράγοντας είναι το «μέγεθος». Πρόκειται για την εγγενή βραδύτητα της κατάρρευσης ενός αραιού μεγάλου αντικειμένου υπό την επίδραση της βαρύτητας. Επειδή το Σύμπαν είναι πολύ αραιό (ένα μόριο ανά ένα κυβικό μέτρο) για την τελική κατάρρευσή

Εξαιτίας ορισμένων εμποδίων, η συνείδηση παρουσιάστηκε σιγά σιγά σαν το αργό άνοιγμα ενός άνθους. Ο πλούτος του κόσμου που βλέπουμε καθώς και των φανταστικών κόσμων της λογοτεχνίας και της τέχνης, του ανθρώπινου πνεύματος, οφείλεται στην ελεγχόμενη, αναχαιτιζόμενη κατάρρευση.

Η ίδια η ενέργεια ρυθμίζει την υποβάθμισή της. Τα μόρια, όταν συναντηθούν, έχουν την ευκαιρία να αντιδράσουν αλλά αυτό γίνεται μόνο όταν τα άτομά τους είναι αρκετά χαλαρά συνδεδεμένα ώστε να μπορούν να εκτεθούν στις ευκαιρίες «ατυχημάτων» και να σχηματίσουν νέες διατάξεις. Τα μόρια, μολονότι ευπαθή, καταφέρνουν να διατηρούνται.

Τα άτομα για να μπορέσουν να δοκιμάσουν το σχηματισμό νέων μοριακών διατάξεων πρέπει κάποια στιγμή να χαλαρώσουν. Αυτό γίνεται όταν στο μόριο εισχωρήσει ενέργεια η οποία το δονεί· ένα δονούμενο μόριο δεν είναι παρά μια ομάδα χαλαρώς συνδεδεμένων ατόμων. Όμως με ποιο τρόπο εισχωρεί η ενέργεια στο μόριο; Αυτό γίνεται τυχαία. Η ενέργεια μπορεί κατά τύχη να προσληφθεί από ένα μόριο και να βρίσκεται εκεί ως τη στιγμή που θα συναντήσει κάποιο άλλο. Δύο μόρια μπορεί να συναντηθούν τυχαία τη στιγμή που εμπεριέχουν ενέργεια μεγαλύτερη από τον μέσο όρο. Έτσι, τα άτομά τους μπορεί να αναμιχθούν· τα αποτελέσματα αυτής της ανάμιξης είναι η χημική αντίδρασή τους.

Θα ήθελα να σταματήσω για λίγο σ' αυτό το σημείο και να συνοψίσω την ως τώρα συζήτηση. Είδαμε σε μοριακό επίπεδο τουλάχιστον, πώς το χάος προωθεί αλλά και αναχαιτίζει τον κόσμο. Η κατάρρευση στο χάος είναι το κίνητρο των αλλαγών γιατί όλα τα φυσικά συμβάντα είναι συνέπειες της τάσης για διασπορά. Το

του απαιτείται πολύ μεγάλος χρόνος (περίπου 10^{11} χρόνια). Ένας δεύτερος ανασχετικός παράγοντας είναι η «στροφορμή». Η ανάσχεση οφείλεται στη βραδύτητα με την οποία φθίνει μια περιστροφική κίνηση. Η διατήρηση της στροφορμής συνεπάγεται επίσης την ύπαρξη των πλανητικών τροχιών. Τρίτος ανασχετικός παράγοντας είναι ο «θερμοπυρηνικός», ο οποίος εμποδίζει την κατάρρευση ενός άστρου πέρα από κάποιο σημείο ως τη στιγμή που θα εξαντληθεί όλο το υδρογόνο του. Σ' αυτόν τον παράγοντα οφείλει ο Ήλιος τη μέχρι τώρα ζωή του των $4,5 \times 10^9$ χρόνων και τη συνέχιση της ζωής του για άλλα 5×10^9 χρόνια. Τέταρτος παράγοντας είναι η «ασθενής αλληλεπίδραση» που εμποδίζει τον Ήλιο όπως και τα άλλα άστρα να εκραγούν σαν θερμοπυρηνικές βόμβες. Ο κατάλογος όμως του Dyson συνεχίζεται. Το άρθρο είναι εξαιρετικά ενδιαφέρον (και σας μένει ακόμη καιρός να το διαβάσετε!).

Μολονότι μια χημική αντίδραση (ή μια απλούστερη φυσική διαδικασία) μπορεί να έχει μειωτικό αποτέλεσμα στην εντροπία του Σύμπαντος, και συνεπώς αντιστοιχεί σε συγκέντρωση ενέργειας, είναι δυνατόν να προχωρήσει περισσότερο αν συνδεθεί κατά κάποιο τρόπο με μια άλλη αντίδραση που έχει την τάση να συμβαίνει αυθόρμητα, και να οδηγήσει σε καθαρή διασπορά ενέργειας. Η οικοδόμηση και η διατήρηση των πολύπλοκων οργανισμών οφείλεται στις αντιδράσεις ανοικοδόμησης που προκαλούνται από τις αντιδράσεις πέψης της τροφής^{25, 26, H}.

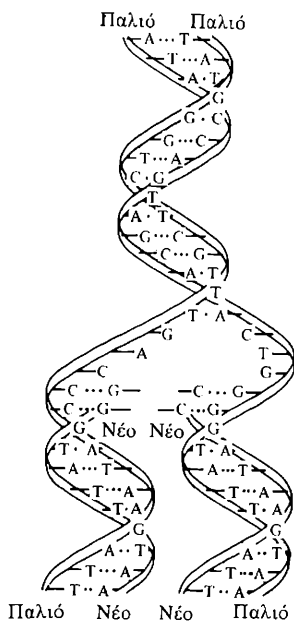
χάος σταθεροποιεί επίσης τις μορφές γιατί τα μόρια έχουν πολύ μικρές πιθανότητες να αποκτήσουν την απαιτούμενη ενέργεια ώστε τα άτομά τους να επιχειρήσουν την εξερεύνηση νέων δυνατών διατάξεων. Προχωρούμε αλλά και σταματούμε από το χάος: το χάος είναι ταυτόχρονα ο αμαξάς και η άμαξα.

Αν τα πάντα, οι δομές και οι αλλαγές είναι αποτέλεσμα τυχαίων ενορχηστρώσεων του χάους, πρέπει να υπάρχουν αλυσίδες που να συνδέουν το επιφανειακό και το εσώτερο. Θα επιχειρήσω να υποδείξω αν όχι τη λεπτομερή μορφή τους, τουλάχιστον τη φύση τους.

Η εξέλιξη είναι αποτέλεσμα δελεασμού. Τα πολύπλοκα μόρια αποκτούν ακόμη μεγαλύτερη πολυπλοκότητα όχι με ένα και μοναδικό μεγάλο άλμα αλλά με μικρά βήματα. Ένα μόριο μπορεί να εκχωρήσει λίγα άτομα σε κάποιο γειτονικό του ή να προσλάβει άλλα από κάποιο άλλο και με τον καιρό αποκτά την οριστική του μορφή. Σε κάθε βήμα συμβαίνει μόνο μια μικρή επανοργάνωση, οπότε το καθένα τους δεν απαιτεί παρά ελάχιστη χαλάρωση. Επειδή οι μικρές τυχαίες εισροές ενέργειας είναι πιθανότερες από τις μεγάλες, η όλη διαδικασία πραγματοποιείται πολύ πιο γρήγορα απ' όσο θα χρειαζόταν αν η απαιτούμενη για την αντίδραση ενέργεια έπρεπε να φτάσει με ένα μόνο άλμα. Πρόκειται για αντίδραση με πολλαπλά ατυχήματα, αντίδραση σε ολισθηρή μετ' εμποδίων κατωφέρεια. Αν θα πραγματοποιηθεί ή όχι η αντίδραση είναι απλώς θέμα εφοδιασμού ή συντονισμού της κατάλληλης στιγμής που θα προσφερθούν τα μικρά μόρια για το «γεύμα».

Η συνολική εξελικτική διαδικασία μπορεί να θεωρηθεί ως ένας συνεχής και συντονισμένος διασκορπισμός ενέργειας. Κάθε εξελικτικό στάδιο, από τον κατά βήματα σχηματισμό σύνθετων μορίων από απλούστερα

Η μοριακή βάση της αντιγραφής (βασικά η χημεία του DNA) περιγράφεται σε πολλά βιβλία, κάτι που φανερώνει τη σημαντική επίδραση της ανακάλυψης της μοριακής βάσης της ζωής, τόσο στον επιστημονικό κόσμο όσο και στο πλατύτερο κοινό^{3, 27, H, I}.



Αντιγραφή του μορίου DNA

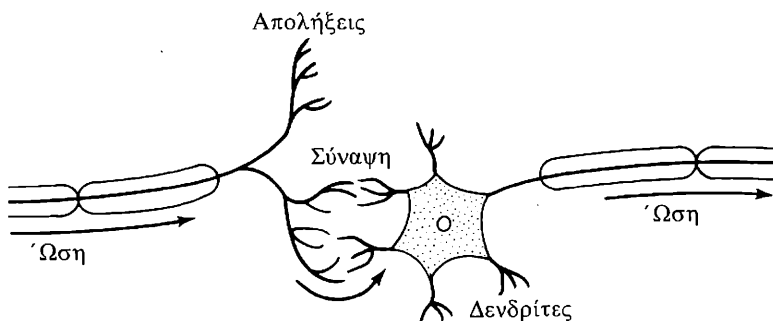
έως την εμφάνιση ανθρώπων, όπως και οι διαδικασίες που υπεισέρχονται κατά τον ανταγωνισμό των ειδών, πραγματώνονται με διασκορπισμό ενέργειας.

Τα μόρια δεν στόχευαν στην αναπαραγωγή: απλώς «σκόνταψαν» πάνω της. Η συνεχής συσσώρευση πολυπλοκότητας έφτασε σε τέτοιο σημείο ώστε κάποιο μόριο απέκτησε δομή που μπορούσε να υποστεί σειρά αντιδράσεων και κάτω από τη συμπτωματική πίεση της διασποράς κατέληξε τυχαία στο σχηματισμό ενός αντιγράφου του. Αυτό το καινούργιο μόριο διέθετε φυσικά την ίδια αναπαραγωγική ιδιότητα, οπότε και στην περίπτωση που το αρχικό εξαφανιζόταν π.χ. με την εξάτμιση του νερού της λίμνης που βρισκόταν, το θυγατρικό θα μπορούσε να συνεχίσει τη σειρά. Σε κάθε στάδιο αναπαραγωγής δινόταν η ευκαιρία για τροποποίηση γιατί εκεί κοντά υπήρχαν ελάχιστα διαφορετικά μικρά μόρια που θα μπορούσαν να ενσωματωθούν. Πολλά από αυτά τα τροποποιημένα θυγατρικά μόρια πιθανόν να μην ήταν βιώσιμα ή νά 'ταν λιγότερο κατάλληλα για αναπαραγωγή συγκριτικά με τους γεννήτορες ή τα αδελφά μόρια, όμως μερικά ευνοήθηκαν περισσότερο και πρόκοψαν φτάνοντας ως τους ελέφαντες.

Η αντίληψη του εξωτερικού κόσμου διαμορφώθηκε ανειπαίσθητα καθώς εξελισσόταν η πολυπλοκότητα του σώματος. Η αντίληψη αυτή, όπως οι αποφάσεις μας για την ανάληψη δράσης και οι σκέψεις μας για τις δικές μας δραστηριότητες και τις δραστηριότητες των άλλων, είναι όλα εκδηλώσεις χημικών αντιδράσεων. Αλληλεπιδρούμε με τον εξωτερικό κόσμο καθώς η πνοή των γεγονότων μετακινεί ειδικής ευαισθησίας ομάδες ατόμων που βρίσκονται μέσα σε όργανα όπως τα μάτια, τα αυτιά κλπ..

Επειδή οι χημικές αντιδράσεις είναι όψεις του

Δεν πρέπει ποτέ να ξεχνάμε την πολυπλοκότητα της δομής του εγκεφάλου^{28, 29, 9}. Θεωρείται ότι ο εγκέφαλος του ανθρώπου αποτελείται από 10^{11} νευρώνες περίπου. (Αυτή η θεώρηση γίνεται από τον ίδιο τον εγκέφαλο. Παρακάτω θα δούμε αναλυτικότερα έναν άλλο αυτοπροσδιορισμό). Ένας τυπικός νευρώνας περιλαμβάνει από 1.000 έως 10.000 συνάψεις δηλαδή σημεία επαφής με άλλους νευρώνες.



Η νευρική σύναψη

Ο αμφιβληστροειδής χιτώνας περιλαμβάνει περίπου 3×10^6 κωνία (υπεύθυνα για την αντίληψη των χρωμάτων) και 10^9 ραβδία (που δεν αναπτύσσουν την αίσθηση χρώματος). Η αξιόλογη λεπτή διάκριση του ματιού (που στον πλανήτη μας εξελίχθηκε ανεξάρτητα λιγότερο από έξι φορές)* φαίνεται από το γεγονός ότι τα ραβδία αντιδρούν σε ένα και μόνο φωτόνιο. Τα δύο σημαντικά χαρακτηριστικά των μορίων που συλλαμβάνουν τα φωτόνια στα ραβδία είναι ότι είναι

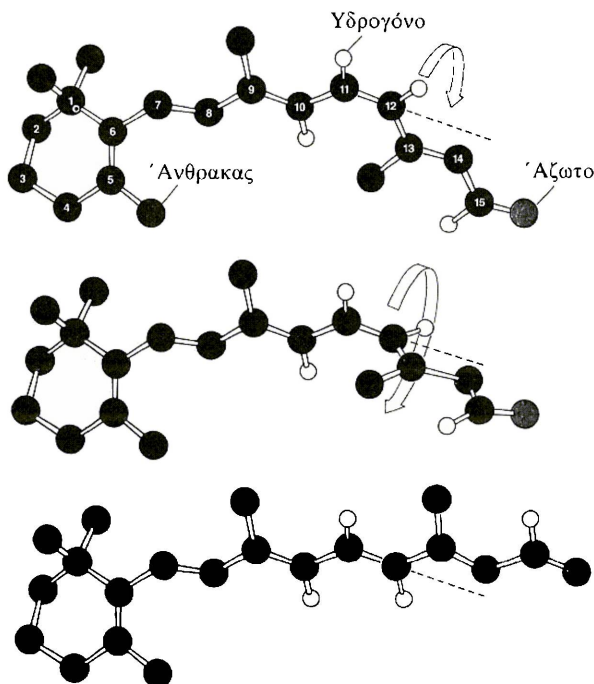
* Από τα ένδεκα κύρια φύλα του ζωικού βασιλείου μόνο τα τρία έχουν αναπτύξει μάτια με ικανοποιητική διακριτική ικανότητα: τα αρθρόποδα, τα μαλάκια και τα σπονδυλωτά. Αυτοί οι τρεις τύποι ματιών αναπτύχθηκαν ανεξάρτητα και δεν έχουν καμιά ανατομική, εμβρυολογική ή εξελικτική σχέση μεταξύ τους. Πιστεύεται ότι η αντίληψη των χρωμάτων πρωτοεμφανίστηκε στα ερπετά και ύστερα χάθηκε στα πρώτα στάδια της εξέλιξης των θηλαστικών· για δεύτερη φορά «ανακαλύφθηκε» από τα πρωτεύοντα, ενώ τα υπόλοιπα θηλαστικά δεν αντιλαμβάνονται τα χρώματα (Σ.τ.μ.).

χάους, η λειτουργία των αισθήσεων, οι αποφάσεις και οι στοχασμοί μας καθοδηγούνται σε τελευταία ανάλυση από μια θεμελιακή τάση προς το χάος. Η φαινομενική πολυπλοκότητα της συνείδησης είναι αποτέλεσμα της περίπλοκης αλληλεξάρτησης των αντιδράσεων που βαίνουν προς αυτή την αποσύνθεση και δεν υπάρχει κανένας λόγος να τη θεωρούμε εγγενή πολυπλοκότητα προικισμένη με ψυχή. Η συμπεριφορά είναι η πολύπλοκη οργάνωση απλών διαδικασιών και η πολύπλοκη δομή του εγκεφάλου είναι ο μηχανισμός που βάζει σε τάξη απλές λειτουργίες οι οποίες στο σύνολό τους φαίνονται πολύπλοκα πράγματα.

Η δομή εξασφαλίζει το συντονισμό των απλών χημικών διαδικασιών που συμβαίνουν στα εγκεφαλικά κύτταρα έτσι ώστε το σύνολο να είναι αρκετά πλούσιο σε ιδιότητες και αρκετά απρόβλεπτο και να συμπεριλαμβάνει εκδηλώσεις όπως η φαντασία και η εφευρετικότητα.

Ας ξεκινήσουμε από την αντίληψη. Η ουσία της βρίσκεται στην απόκτηση πληροφοριών για τα συμβαίνοντα στον εξωτερικό κόσμο καθώς και για συμβάντα που δεν είναι εξ ολοκλήρου εξωτερικά, όπως ο πόνος. Τα σώματα διαθέτουν κεραίες, *νευρικές απολήξεις*, που αντιδρούν στο περιβάλλον τους και συλλέγουν πληροφορίες. Αυτοί οι ευαίσθητοι δέκτες που βρίσκονται κατά ομάδες σε όργανα όπως π.χ. τα μάτια, αναπτύσσουν σήματα που στέλνονται στον εγκέφαλο. Στην περίπτωση της όρασης λόγου χάρη, ένα μόριο μέσα στο μάτι προσβάλλεται από το φως, «τεντώνεται» και δεν χωράει πλέον στην αρχική του θέση. Το φως μεταφέρει ενέργεια η οποία χαλαρώνει τα άτομα που μετακινούνται εδώ και εκεί σπρώχνοντας μακριά την ενέργειά τους. Το μόριο παραμένει αδρανές στο νέο σχήμα που

καμπυλωμένα στη μέση και απορροφούν φως με μήκη κύματος σαν αυτά του Ήλιου (γι' αυτό μπορούμε και βλέπουμε στο φως της μέρας): Το πρώτο βήμα στο φαινόμενο της όρασης είναι η απορρόφηση ενός φωτονίου από ένα τέτοιο μόριο (όταν το φωτόνιο πέσει πάνω του) και η εξαφάνιση της καμπύλωσης με το «τέντωμα» του μορίου που τώρα παίρνει ένα μάλλον ευθύγραμμο σχήμα³. Αυτό το ευθυγραμμισμένο μόριο δεν ταιριάζει πλέον στον διαθέσιμο χώρο. Η αλλαγή του σχήματος επηρεάζει την ιδιότητα που έχουν τα ιόντα καλίου και νατρίου να περνούν από τη νευρική μεμβράνη που υπάρχει στο άκρο του ραβδίου. Θα δούμε αμέσως παρακάτω ότι η αλλαγή συγκεντρώσεων αυτών των ιόντων είναι η βασική αιτία για τη διάδοση των νευρικών ώσεων.

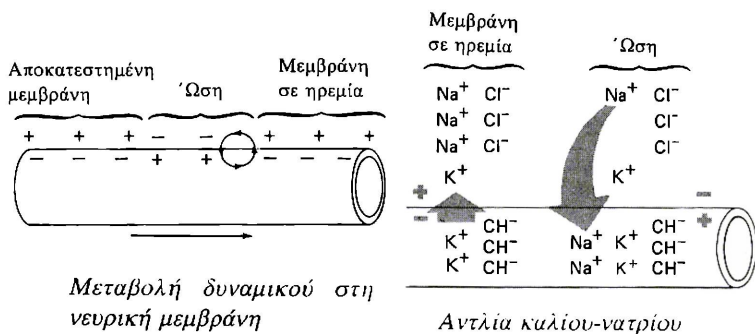


Μεταβολή του σχήματος μορίου ρετινίνης μετά την απορρόφηση ενός φωτονίου.

τώρα δεν συμβιβάζεται με την αρχική του θέση. Η παραμόρφωση του μορίου προκαλεί αλλαγή στο σχήμα ενός άλλου μορίου και αυτή διεγείρει μιαν άλλη χημική αντίδραση. Αυτή η αντίδραση αναπτύσσει ένα ηλεκτρικό σήμα που προχωρεί κατά μήκος του νεύρου προς τον εγκέφαλο. Επειδή το νεύρο διακλαδώνεται, το σήμα απλώνεται σε πλήθος εγκεφαλικών κυττάρων και η άφιξη του σήματος στο καθένα επιφέρει μια χημική αλλοίωση. Οι κυτταρικές συνθέσεις καθορίζουν την απόκρισή τους σε μελλοντικά σήματα και το αν θα στείλουν νέα σήματα σε κάποια άλλα κανάλια ή σε άλλα κύτταρα. Στον κατάλληλο χρόνο, πιθανώς σε λιγότερο από μια δεκαετία, η αντίληψη ενός συμβάντος θα επηρεάσει μια πράξη.

Κάθε διαδικασία αυτής της αλυσίδας διαδίδεται βήμα προς βήμα μέσω της άσκοπης χαοτικής διασποράς. Το φως χαλαρώνει το μόριο που κατόπιν τεντώνεται εξαιτίας αυτού του τυχαίου συμβάντος. Το μόριο εκδιώκεται επειδή έχει τη δυνατότητα να περιπλανηθεί και να χάσει ενέργεια. Η χημική αντίδραση συμβαίνει όταν η εκδιώξη το μορίου επιτρέπει σ' αυτό που παρέμεινε να επιχειρήσει την αναζήτηση νέων διατάξεων. Το ηλεκτρικό ρεύμα συνωθείται κατά μήκος του νεύρου από μια σειρά χημικών αντιδράσεων που η καθεμιά τους διεγείρεται από τη γειτονική της· κάθε διέγερση επιτρέπει στα μόρια να δοκιμάσουν νέες διατάξεις. Παρόμοια διεγείρονται οι χημικές αντιδράσεις στις διακλαδώσεις των νευρικών κυττάρων του εγκεφάλου, με αποτέλεσμα η λειτουργία του να οφείλεται στην ανάπτυξη ηλεκτρικών ρευμάτων. Όλες οι διαδικασίες της σειράς των χημικών αντιδράσεων, ως την εκδήλωση μιας πράξης και πέρα από αυτήν, παρακινούνται από το χάος που αποδεσμεύουν. Το ότι γελάμε ή κλαίμε, ή με τον καιρό

Οι άξονες των νευρικών κυττάρων (κατά μήκος των οποίων διαδίδονται οι νευρικές ώσεις) βρίσκονται σε ένα εξωτερικό υγρό πλούσιο σε ιόντα νατρίου. Το εσωτερικό υγρό είναι πλούσιο σε ιόντα καλίου^{30, 31}. Αυτή η διαφορά συγκεντρώσεων αναπτύσσει μια διαφορά δυναμικού ανάμεσα στο εσωτερικό και το εξωτερικό του νευρικού κυττάρου. Η νευρική ώση δημιουργείται καθώς ανοίγουν δίαυλοι που επιτρέπουν να περάσουν από τη μεμβράνη ιόντα νατρίου στο εσωτερικό, οπότε αναστρέφεται η διαφορά δυναμικού. Λίγο αργότερα οι δίαυλοι κλείνουν και ανοίγουν άλλοι που επιτρέπουν την έξοδο ιόντων καλίου, με αποτέλεσμα να επανέλθει η αρχική διαφορά δυναμικού, εις βάρος όμως των αρχικών συγκεντρώσεων σε ιόντα νατρίου και καλίου. Η αναστροφή της διαφοράς δυναμικού μεταφέρεται κατά μήκος του νεύρου και περνά στη σύναψη. Εκεί υπάρχουν σε σάκους αποθηκευμένα μόρια (χημικοί μεταβιβαστές), τα οποία ελευθερώνονται προς τον επόμενο νευρώνα. Αυτές οι χημικές ουσίες μπορούν είτε να ενισχύσουν είτε να αναστείλλουν τη δυνατότητα μετάδοσης μιας νευρικής ώσης διαμέσου των συνάψεων με άλλους νευρώνες. Αυτή είναι η σύνθετη λειτουργική αλληλεπίδραση των διαδικασιών που συμβαίνουν στον εγκέφαλο: τα πάντα είναι Χημεία και όλα κινούνται με τη φορά της αυξανόμενης εντροπίας.



Είμαστε υποχρεωμένοι να παίρνουμε υλικά (τροφή) τα οποία υφίστανται χημικές αντιδράσεις που αυξάνουν τόσο πολύ την

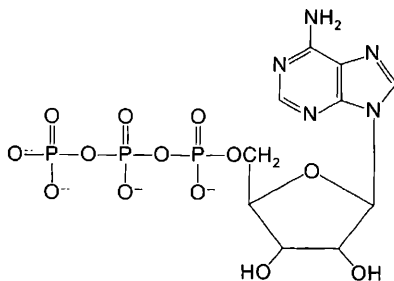
αγαπάμε, συμφωνούμε ή απελπιζόμαστε, καθορίζεται από μια μακριά και σύνθετη αλληλουχία γεγονότων που όλα τους συμβαίνουν εξαιτίας της διασποράς της ενέργειας.

Νομίζω πως ακόμη και σήμερα μερικοί ενοχλούνται από την ιδέα ότι αυτός ο πλούτος των ιδιοτήτων του εγκεφάλου, όπως η αντίληψη, η μνήμη, η λήψη αποφάσεων και η εφευρετικότητα, μπορεί να εμφανιστεί από μόνος του ή ότι ένας τέτοιος πλούτος είναι η εξωτερική εκδήλωση βαθύτερων φαινομένων που δεν έχουν κίνητρο. Είναι πολύ σημαντικό να δούμε την απλότητα που κρύβεται πίσω από την απατηλή πολυπλοκότητα. Φυσικά, ίσως να μην μπορούμε να παρακολουθήσουμε όλα τα απλά βήματα που συνθέτουν μια αντίληψη ή τη μόρφωση μιας γνώμης, ή συντελούν στην εκδήλωση μιας πράξης. Όμως, δεν υπάρχει καμιά αμφιβολία πως αυτά τα βήματα υπάρχουν. Δεν θα ήθελα να θεωρηθεί ότι αυτή η άποψη εξαλείφει το *θαύμα* της ζωής: πρέπει όμως να επαναπροσδιορίσουμε την έννοια του θαύματος. Κατά τη γνώμη μου, το θαύμα δεν πρέπει να είναι αποτέλεσμα καλοσύνης και λεπτότητας μιας εξωτερικής επέμβασης γιατί κάτι τέτοιο οδηγεί στην περιττή παρείσφρηση ενός πνεύματος και στην εφεύρεση μιας ψυχής. Αντίθετα, το θαύμα πρέπει να είναι η συνειδητοποίηση ότι θεμελιακές απλές διαδικασίες λεπτότατα συντονισμένες μπορεί να απολήξουν σε τέτοιες μεγαλειώδεις εκδηλώσεις, και ότι ένας τέτοιος συντονισμός μπορεί να αναπτυχθεί στη εξελικτική πορεία διαμέσου της επιλογής. Η μόνη αθάνατη ψυχή που διαθέτει ο άνθρωπος είναι η διαρκής αποτύπωση στον εγκέφαλό του του πνεύματος των άλλων ανθρώπων.

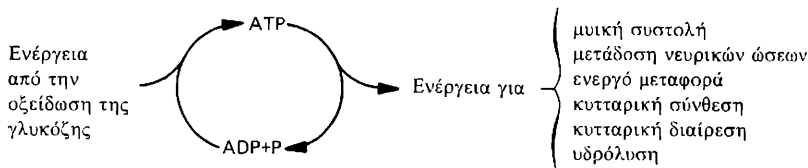
Όσπου να πεθάνουμε δεν βλέπουμε ένα μόνο πράγμα! Το σώμα πρέπει να ξανακουρδιστεί για να αποκριθεί

εντροπία ώστε να μπορούν να διεγείρουν αντιδράσεις που επαναφέρουν τα σωματικά κύτταρα στην αρχική τους κατάσταση, έτοιμα, αν χρειαστεί, να αντιδράσουν πάλι. Στο νευρικό σύστημα τον βασικό ρόλο παίζει η αντλία νατρίου^{30, 6}. Είδαμε ότι η διέλευση μιας νευρικής ώσης αφήνει το νεύρο με μικρότερη κατανομή συγκεντρώσεων ιόντων νατρίου και καλίου. Η αποκατάσταση των συγκεντρώσεων επιτυγχάνεται με την αντλία νατρίου - καλίου, ένα πρωτεϊνικό μόριο ενσωματωμένο στο νευρικό κύτταρο. Κάθε αντλία χρησιμοποιεί την ενέργεια που ελευθερώνεται από ένα μόριο ATP*. Το ATP παίζει σπουδαίο ρόλο στις βιοχημικές αντιδράσεις ως πηγή ενέργειας¹¹. Κάθε αντλία, όταν λειτουργεί «εν πλήρει δυνάμει», ανταλλάσσει μέσα σ' ένα δευτερόλεπτο περίπου 200 ιόντα νατρίου και 130 ιόντα καλίου. Η σειρά των αντλιών κατά μήκος του νεύρου αποκαθιστά τις αρχικές συγκεντρώσεις και το κύτταρο μπορεί και πάλι να μεταβιβάσει τη επόμενη ώση.

* ATP: Αδενοσιν-τριφωσφορικό οξύ (Σ.τ.μ.).



Το μόριο ATP



Κύκλος ATP-ADP

εκ νέου και τα νεύρα πρέπει να ξαναπροετοιμαστούν για να ξαναλειτουργήσουν. Κάθε βήμα στο δρόμο για την αντίληψη και τη δράση είναι χημική αντίδραση και κάθε αντίδραση μπορεί να επαναληφθεί. Έτσι χρειάζεται το κατάλληλο αντιδραστήριο που να διαθέτει την απαιτούμενη ενέργεια για τον πειραματισμό πολλών τυχαίων διατάξεων και τον ανασχηματισμό των αρχικών δομών. Με άλλα λόγια, είμαστε αναγκασμένοι να τρεφόμαστε.

Είδαμε ότι η αντίληψη και η δράση τροφοδοτούνται από την τάση της ενέργειας προς το χάος. Και τα δύο αυτά πράγματα υποβαθμίζουν την ποιότητα της ενέργειας του Σύμπαντος και τελικά τη φθείρουν. Τρεφόμενοι εισάγουμε υψηλής ποιότητας ενέργεια από το περιβάλλον και επαναφορτίζουμε τα σώματά μας αφήνοντάς τη να διασκορπιστεί στα κύτταρά μας· εκεί είναι έτοιμη για το επόμενο βήμα υποβάθμισης που θα οδηγήσει τελικά σε μια πράξη, αντίληψη, δράση ή εφεύρεση. Κάθε δράση είναι φθορά και κάθε επιδιόρθωση συμβάλλει στην υποβάθμιση.

Σε βαθύτερο επίπεδο, οι αποφάσεις είναι ρυθμίσεις πάνω στις διατάξεις των ατόμων στα μόρια που υπάρχουν σε πολλά κύτταρα του εγκεφάλου. Οι βασικοί λόγοι γι' αυτές τις αλλαγές είναι οι ίδιοι που ισχύουν σε όλες τις διαδικασίες. Τα άτομα δεν έχουν καμιά επιθυμία να κινηθούν αλλά όταν τους δοθεί η ευκαιρία δοκιμάζουν νέες διατάξεις, με κίνδυνο να παγιδευτούν μόλις η ενέργεια σπρωχτεί στο περιβάλλον και διασκορπιστεί. Κάθε αλλαγή στη σύσταση και τις διασυνδέσεις των κυττάρων προκαλείται σε τελευταία ανάλυση από μια φυσική κλίση για το χάος. Το ότι αυτή η χωρίς κίνητρο, χωρίς σκοπό και χωρίς σκέψη δραστηριότητα εμφανίζεται στον κόσμο σαν κίνητρο και σκο-

Η διαδικασία της μάθησης μπορεί να ερευνηθεί σε μικροσκοπικό επίπεδο γιατί σχετίζεται με τροποποιήσεις που γίνονται στις συνάψεις των νευρώνων του εγκεφάλου και προκύπτουν από την ίδια τη λειτουργία του εγκεφάλου²⁸. Η αναφορά εμφανών φαινομένων κινητικότητας και ερεθιστικότητας σε υποκείμενες αφανείς διαδικασίες του εγκεφάλου υπάρχει σε πολλά βιβλία^{29, 32, 33}. Έχουν αναφερθεί πειράματα και λεπτομερείς αναλύσεις πάνω σε μικρές ομάδες νευρικών κυττάρων που προκαλούν την ανάκληση των βραγχίων (αναφέρω αυτή τη δράση απλώς γιατί έχει μελετηθεί σε ικανοποιητικό βαθμό)^{34, 9}. Το εξαιρετικό χαρακτηριστικό αυτών των εργασιών, που έγιναν σε σαλιγκάρια, βρίσκεται στην απλότητα του εξεταζόμενου νευρικού συστήματος το οποίο μπορεί να αναλυθεί όπως τα μέρη ενός ηλεκτρικού δικτύου και να μελετηθεί όπως τα ηλεκτρικά διαγράμματα συνδεσμολογίας.

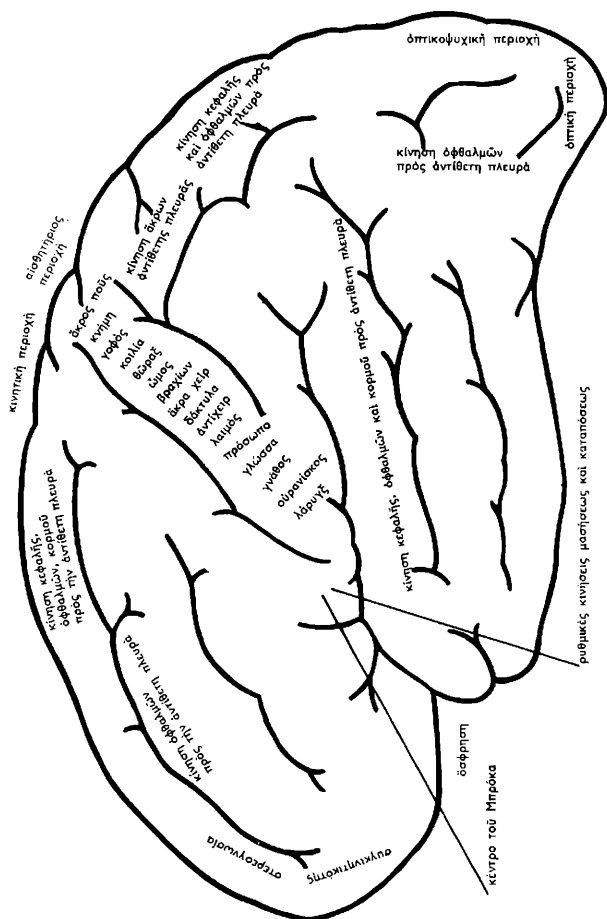
Ξεκινάμε (μετά από τα δέκα μας χρόνια) με 10¹¹ νευρώνες περίπου, οι οποίοι λιγοστεύουν συνεχώς γιατί ο οργανισμός μας δεν μπορεί να αντικαταστήσει αυτούς που για κάποιο λόγο αδρανοποιούνται. Έχει αναφερθεί ότι ένα ποτήρι «ουίσκι» καταστρέφει 5.000

πός, και συνθέτει ένα νου, οφείλεται ολοκληρωτικά στην πολυπλοκότητα της οργάνωσής της. Όπως η εκτέλεση μιας συμφωνίας είναι σε τελευταία ανάλυση συντονισμένες κινήσεις ατόμων, έτσι και η συνείδηση αναδύεται από το χάος.

Οι αποφάσεις παίρνονται με βάση την προδιάθεση του εγκεφάλου και ο τρόπος με τον οποίο αναδύεται το χάος στον κόσμο όταν πρόκειται να πάρει τη μορφή μιας δράσης, εξαρτάται από την κατάσταση ετοιμότητας των κυττάρων του. Οι συνέπειες από την αλλαγή κατάστασης ενός μόνο κυττάρου εξαρτώνται από την ήδη υφιστάμενη κατάσταση των κυττάρων με τα οποία βρίσκεται σε επαφή. Έτσι, ολόκληρη η προσωπική μας ιστορία, για όσο διάστημα επιβιώνουν τα κύτταρά μας, τροφοδοτεί τις διακλαδώσεις του χάους. Η πολυπλοκότητα της οργάνωσης που τροφοδοτούμενη από το χάος διευθετεί τη συνοχή της, οφείλεται στο ότι τα κύτταρα διοχετεύουν τη δραστηριότητα του εγκεφάλου εναλλάσσοντας παλμούς σε μερικά κύτταρα και όχι σε άλλα. Με αυτή τη διαδικασία οι παλμοί τροποποιούνται έτσι ώστε οι επόμενοι, ίσως όσοι επιστρέφουν από τα κύτταρα που πρόσφατα διήγησαν, να διοχετεύονται κάπου αλλού.

Η κληρονομικότητα, δηλαδή οι μεταβιβαζόμενες με χημικές αντιδράσεις γενετικές πληροφορίες, βρίσκεται πίσω από τη δομή του εγκεφάλου και επιβάλλει ένα διάγραμμα διακοπών εναλλαγής. Η εμπειρία, η σειρά των χημικών αντιδράσεων οι οποίες στο διάστημα μιας ζωής αποκρίνονται στις εξωτερικές επιδράσεις, τροποποιεί και αναπτύσσει αδιάκοπα αυτό το δίκτυο. Γήρανση είναι ο θάνατος κυττάρων και συνεπώς απώλεια πνευματικής οξύτητας. Γεροντική άνοια είναι ο εκφυλισμός της πολύπλοκης οργάνωσης του εγκεφαλικού

νευρώνες ενώ 50.000 νευρώνες καταστρέφονται κάθε μέρα φυσιολογικά.



Εγκέφαλος - Αριστερό ημισφαίριο

δικτύου και η συνεπαγόμενη αδυναμία του εγκεφάλου να συντονίσει το υποκείμενο χάος σε σπινθηροβόλη νόηση.

Όσο μπορούμε να αποκαθιστούμε τα κύτταρά μας προσλαμβάνοντας από τον εξωτερικό κόσμο εντοπισμένη ενέργεια υψηλής ποιότητας και μεταφέροντας ένα μέρος της σ' αυτά, μπορούμε και να διατηρούμε την πολυπλοκότητά μας. Μια θλιβερή αλλά δικαιολογημένη άποψη είναι ότι η ζωή είναι αγώνας (ένας αγώνας που τελικά δεν κατευθύνεται από κάποιον σκοπό αλλά από τη διασπορά) να εκδιωχθεί στο περιβάλλον ενέργεια χαμηλής ποιότητας και να προσληφθεί από αυτό ενέργεια υψηλής ποιότητας. Κατά κάποια έννοια, διαφθείρουμε τον εξωτερικό κόσμο για ν' αποκτήσουμε εσώτερη ζωή. Η αλυσίδα φθοράς όπου οι άνθρωποι τρώνε αγελάδες, οι αγελάδες τρώνε γρασίδι, το γρασίδι τρώει βουνά και όλα ζουν εις βάρος του Ήλιου, αναπτύχθηκε διαμέσου της εξέλιξης σαν ένας αλληλένδετος μηχανισμός διασποράς. Για όλα αυτά δεν χρειάζεται να ψάχνουμε για κρυμμένη σκοπιμότητα: η ενέργεια χάνεται με την αραίωση κι αυτή η αραίωση έτυχε να δημιουργήσει ελέφαντες και συναρπαστικές ιδέες.

Θα ήθελα να προσθέσω ένα υστερόγραφο. Η χαρακτηριστική ιδιότητα του εγκεφάλου είναι ότι η απόκρισή του στις εκάστοτε περιστάσεις βρίσκεται υπό τον έλεγχό του. Μπορεί να εκμεταλλευτεί ευκαιρίες και να διαλέξει δρόμους που οδηγούν στην αυτοκαταστροφή του, όπως στην απόγνωση ή στη ροπή προς το μαρτύριο. Μπορεί όμως και να εκμεταλλευτεί ευκαιρίες διαλέγοντας δρόμους που οδηγούν στην εκπλήρωση των δυνατοτήτων του, λόγου χάρη σε πράξεις κατανόησης και δημιουργίας. Αυτές οι ροπές είναι συνέπειες της προϋπάρχουσας κατάστασης του εγκεφάλου, της χημι-

κής σύνθεσής του τη στιγμή που η εμφάνιση της σκέψης ή της διάθεσης υλοποιείται σε πράξη. Η ελεύθερη βούληση είναι απλώς η ικανότητα να παίρνουμε αποφάσεις· αυτή η ικανότητα δεν είναι τίποτε άλλο από την οργανωμένη αλληλεπίδραση μετατοπίσεων ατόμων που αποκρίνονται στην ελευθερία αφού η τύχη πρώτα τα προίκισε με ενέργεια για να δοκιμάζουν ποικίλλες διατάξεις και ύστερα τα παγίδευσε σε νέες διατάξεις, καθώς η ενέργειά τους με φυσικό και τυχαίο τρόπο χάνεται μακριά. Ακόμη και η ελεύθερη βούληση, σε έσχατο επίπεδο δεν είναι παρά φθορά.



«Μπορεί και ο Carnot και ο Δαρβίνος να έχουν ταυτόχρονα δίκιο;» — Roger Caillois.

Sadi Carnot (1796-1832)



«Αν με ρωτούσαν τί όνομα να έδινα στον αιώνα μας, θα απαντούσα χωρίς δισταγμό ότι είναι ο αιώνας του Δαρβίνου» — L. Boltzmann

Ludwig Boltzmann (1844-1906)

Λεύτερος προσανατολισμός

Είδαμε ότι το κίνητρο όλων των αλλαγών είναι η φυσική διασπορά της ενέργειας, η αυτόματη κατάρρευση της στο χάος. Ο πλούτος των ιδιοτήτων του κόσμου, η εμφάνιση στον κόσμο τέχνης, τεχνουργημάτων, γνώμών και θεωριών, μπορεί να σκιαγραφηθούν με τρόπο που να φανούν εναρμονισμοί απλών βημάτων προς τη διασπορά. Οι πράξεις δημιουργίας είναι τοπικές και πρόσκαιρες αναστολές του χάους ενώ κάθε αναστολή συνεπάγεται κάπου αλλού μια μεγαλύτερη θύελλα χάους. Όλες οι αλλαγές σ' όλες τις εκδηλώσεις τους είναι αποτέλεσμα ενός περίπλοκου ιστού διασυνδέσεων που διοχετεύουν τυχαία το ξετύλιγμα του Σύμπαντος σε ευδιάκριτα γεγονότα. Πίσω από τις γνώμες και τις πράξεις δεν υπάρχει τίποτε που να χρειάζεται να εξηγηθεί εκτός από το ξεμπέρδεμα του δικτύου των διασυνδέσεων που μετασχηματίζει το φυσικό και κατανοητό σε απρόβλεπτο και φαντασιώδες. Τελικά, υπάρχει μόνο χάος και όχι σκοπός.

Τώρα θα αναζητήσουμε τη φύση των έσχατων κινήσεων και θα ερευνήσουμε τι συμβαίνει εκεί που πηγαίνουν τα άτομα και τι προκαλεί τα ενεργειακά άλματα κατά το αλληλοσυσχετιζόμενο ξετύλιγμα του Σύμπαντος. Θα προσπαθήσω να εξακριβώσω αυτό που καθορίζει την κίνηση των μεμονωμένων στοιχειωδών πραγμάτων και εξηγεί τους νόμους που διέπουν τη συμπεριφορά τους. Θα υποστηρίξω ότι η φύση των πραγμάτων καθορίζει το πεπρωμένο τους. Αυτό αποκαλύπτει περισσότερο την άπειρη σκηνηρία του δημιουργού γιατί δείχνει ότι η πλήρης ελευθερία οδηγεί στην εμφάνιση περιορισμών. Θα προσπαθήσω να δείξω πως το να μη κάνει κανείς τίποτα εκτός από το να επιτρέπει την από-

λυτη ελευθερία, έχει αποτέλεσμα την εμφάνιση οργανωμένης συμπεριφοράς.

Θα δούμε πως η παρατήρηση ολοφάνερων πραγμάτων μας επιτρέπει να διακρίνουμε την υποκείμενη φύση του φωτός και της ύλης. Θα πλησιάσουμε στην ανακάλυψη της φύσης του χώρου και του χρόνου και θα δούμε να συγχωνεύονται στο χωρόχρονο. Θα δούμε πως τα θεμελιώδη χαρακτηριστικά της ενέργειας, της δύναμης και των σωματιδίων, εμφανίζονται ως ιδιότητες του χώρου και του χρόνου. Έτσι η φύση και οι ιδιόμορφες ιδιότητες του χρόνου αρχίζουν να γίνονται νοητές και ο κόσμος να φαίνεται καθαρότερα.

3. Πώς αλλάζουν τα πράγματα

Θα προσπαθήσω τώρα να δείξω πώς η φύση των πραγμάτων προσδιορίζει τη συμπεριφορά τους. Θα δείξω ότι η εσωτερική ουσία των πολύ απλών πραγμάτων, ακόμη και των άψυχων, είναι αρκετή για να προδιαγράψει τη συμπεριφορά τους χωρίς να είναι απαραίτητη η επιβολή οποιουδήποτε κανόνα συμπεριφοράς. Πράγματα τόσο μικρά όσο τα άτομα και τα ηλεκτρόνια είναι φυσικό να μην μπορούν να παίρνουν αποφάσεις· εντούτοις, συμπεριφέρονται σύμφωνα με την εσωτερική τους φύση: το πώς έχουν τα πράγματα, ακόμη και σε ατομική κλίμακα, προσδιορίζεται από το τι είναι. Ένας άπειρα

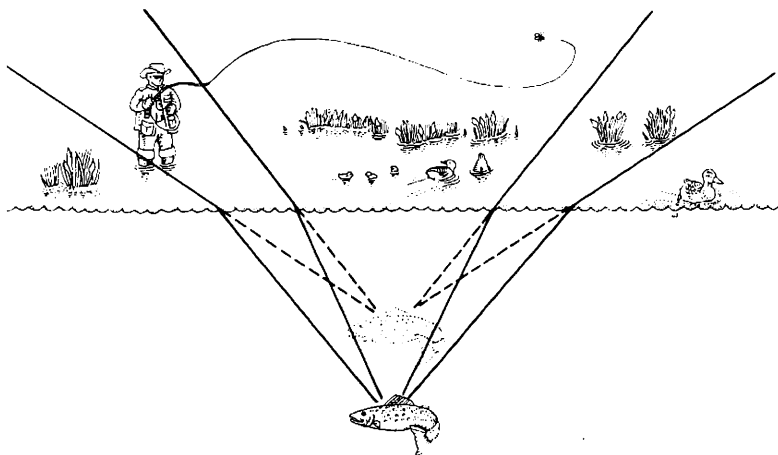
Για να καταλάβουμε τους όρους «σπρωξίματα» και «πακέτο ενέργειας» πρέπει να εξετάσουμε τη συμπεριφορά συγκεκριμένων πραγμάτων, όπως είναι τα άτομα και τα μόρια. Πρέπει να βρούμε τί καθορίζει την κατεύθυνση κίνησης ενός μορίου μέσα σ' ένα αέριο και τί τη νέα κατεύθυνση κίνησης του μορίου μετά από μια σύγκρουση. Αυτά είναι προβλήματα της μηχανικής. Υπάρχουν δυο συστήματα μηχανικής: Η κλασσική μηχανική και η κβαντομηχανική. Η κλασσική υπήρξε μέγα επίτευγμα της ανθρώπινης σκέψης (κυρίως του Νεύτωνα) και αποτέλεσε την απαρχή της θεωρητικής Φυσικής. Είναι ωστόσο μια προσεγγιστική θεωρία η οποία στο χώρο του μικρόκοσμου εκτοπίστηκε από την κβαντομηχανική γιατί η τελευταία μας δίνει πληρέστερη περιγραφή των ιδιοτήτων της ύλης. Παρακάτω θα δούμε πώς αλληλεπιδρούν αυτά τα δύο συστήματα.

οκνηρός δημιουργός θα απέφυγε να προδιαγράψει κανόνες αν μόνη η φύση κάθε πράγματος κυβερνούσε τη συμπεριφορά του. Θα υποθέσουμε ότι αυτό είναι δυνατό και κάτι τέτοιο έκανε ο δημιουργός, και θα δείξουμε ότι μπορούμε να κάνουμε και χωρίς τους νόμους στους οποίους φαίνεται να υπακούει ο κόσμος. Το μόνο που θα παραδεχτούμε είναι ότι τα γεγονότα εφόσον δεν απαγορεύονται ρητώς, συμβαίνουν από μόνα τους· όμως τίποτε δεν απαγορεύεται.

Είδαμε πως η ροή των γεγονότων στο Σύμπαν είναι η αλληλοδιαδοχή βημάτων που οδηγούν στο διασκορπισμό της ενέργειας. Τα επιμέρους σπρωξίματα είναι μετατοπίσεις ατόμων, επιταχύνσεις, κρούσεις κ.ο.κ. Σε τούτο το κεφάλαιο θα δούμε λεπτομερέστερα αυτά τα βήματα και θα εξετάσουμε το πώς ένα πράγμα επηρεάζει τα γειτονικά του και επηρεάζεται από αυτά. Στο προηγούμενο κεφάλαιο μας ενδιέφερε η απλότητα και αγνοήσαμε το σκοπό. Τώρα θα ενδιαφερθούμε περισσότερο για το σκοπό αδιαφορώντας για την ανάγκη επιβολής νόμων. Τα αντικείμενα απλώς συμπεριφέρονται ενώ οι νόμοι είναι τα δικά μας σχόλια για τη συμπεριφορά τους.

Ο τρόπος που εξετάζουμε τη δημιουργία μπορεί να φανεί αν πούμε ότι αναζητούμε την απόλυτη φύση των πραγμάτων. Όταν όμως πρόκειται για τέτοιου είδους έρευνα, είναι περισσότερο κατανοητό να πούμε πως υποστηρίζουμε την άποψη ότι ο εσωτερικός χαρακτήρας των πραγμάτων καθορίζει την παρατηρούμενη συμπεριφορά τους. Θα αποδεχτούμε την άποψη ότι μπορούμε να διακρίνουμε τους ουσιώδεις χαρακτήρες των πραγμάτων από την απλή παρατήρηση της συμπεριφοράς τους. Αν μπορέσουμε να αναγνωρίσουμε ένα χαρακτηριστικό που συνεπάγεται αναπόφευκτα την

Εδώ, όπως άλλωστε συμβαίνει συχνά στην επιστήμη, οι ποσοτικές διαφορές δίνουν τη θέση τους στις ποιοτικές. Ενώ φαίνεται ότι το φως διαδίδεται εντελώς διαφορετικά απ' ό,τι ο ήχος, στην ουσία πρόκειται για τον ίδιο τρόπο διάδοσης. Οι ομοιότητές τους όμως εμφανίζονται με τρόπο πολύ πιο βαθύ απ' αυτόν που θα μπορούσαμε να υποπτευθούμε. Αυτό θα το εξηγήσουμε παρακάτω.



παρατηρούμενη συμπεριφορά, τότε θα έχουμε αναγνωρίσει κάτι κρίσιμο, κάποια σημαντική ιδιότητα του πράγματος.

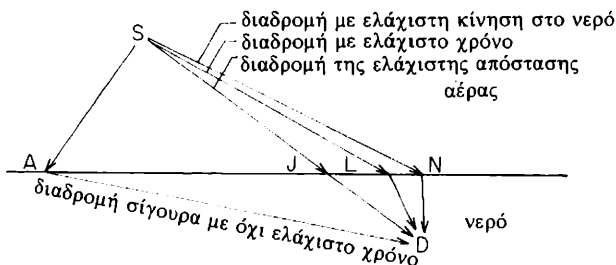
Θα επιθεωρήσουμε λοιπόν το γύρω μας Σύμπαν επιλέγοντας λίγα ολοφάνερα πράγματα και θα αναγνωρίσουμε τους απλούστερους νόμους που διέπουν τη συμπεριφορά τους. Το επόμενο βήμα θά 'ναι η αναζήτηση των χαρακτηριστικών των πραγμάτων που μόλις διακριθούν μας επιτρέπουν να εξηγήσουμε τους νόμους και τελικά να τους κάνουμε πέρα. Σ' αυτό το στάδιο θά 'χουμε απομακρύνει πολλές περιττές περιπλοκές.

Το ευκολότερο σημείο απ' όπου μπορούμε να ξεκινήσουμε είναι η παρατήρηση που αποτελεί τον κυριότερο τρόπο επαφής μας με τον κόσμο και το μακρινό διάστημα: η παρατήρηση όσων μπορούμε να δούμε.

Όλοι ξέρουμε πως το φως κινείται ευθύγραμμα. Θα ήταν πολύ δύσκολο να διακρίνουμε τον κόσμο αν το φως καμπτόταν γύρω από τις ακμές των αντικειμένων: θά 'ταν σαν να τα ακούγαμε αντί να τα βλέπουμε. Θα ήμαστε βυθισμένοι σε μια συμφωνία χρωμάτων που θα προέκυπτε από τα πράγματα, τα οποία τώρα θα εντοπίζονταν πολύ αόριστα και θα φαίνονταν πολύ θολά. Δεν θα υπήρχε νύχτα· η χρωματική συμφωνία θα ήταν ατέλειωτη.

Το να λέμε όμως ότι το φως κινείται ευθύγραμμα δεν είναι εντελώς σωστό γιατί έρχεται σε αντίθεση με την παρατήρηση: το φως διαθλάται στα σημεία επαφής διαφορετικών μέσων. Μέσα στο νερό το πόδι σας φαίνεται σπασμένο ακόμα κι αν δεν είναι! Ένας φακός εκτρέπει το φως κι αν έχει το κατάλληλο σχήμα μπορεί να το εστιάσει πάνω σε μια φωτογραφική πλάκα ή σ' ένα μάτι. Πρέπει λοιπόν να βρούμε ένα νόμο που να εμπεριέχει την ευθύγραμμη διάδοσή του όταν κινείται σε ομοιό-

Η ευθύγραμμη διάδοση του φωτός είναι μια εφαρμογή της «αρχής του ελάχιστου χρόνου» του Fermat^{35, 37}. Αργότερα θα συναντήσουμε και άλλα παραδείγματα αρχών που ισχύουν για ακρότατες τιμές και θα δούμε ότι η αρχή του Fermat αποτελεί ειδική περίπτωση αυτών των αρχών.



Ο προσδιορισμός της διαδρομής με τον ελάχιστο χρόνο, μοιάζει πολύ με το να βρούμε την πιο σύντομη διαδρομή ενός ναυαγοσώστη που αρχικά τρέχει στη ξηρά και μετά πέφτει στο νερό, για να σώσει κάποιον που κινδυνεύει: η διαδρομή του ελάχιστου μήκους περιλαμβάνει ένα πολύ μεγάλο μέρος μέσα στο νερό· η διαδρομή με την ελάχιστη κίνηση μέσα στο νερό περιλαμβάνει ένα πολύ μεγάλο μέρος στη ξηρά· η διαδρομή του ελάχιστου χρόνου βρίσκεται κάπου ανάμεσα στις δύο.

μορφα μέσα και τη διάθλασή του όταν περνάει από ένα μέσο σε κάποιο άλλο.

Αυτός ο νόμος βρέθηκε και έχει μια κομψή απλότητα (όπως όλοι οι νόμοι που παραδεχόμαστε πριν τους παραμερίσουμε). *Το φως ακολουθεί τη διαδρομή που απαιτεί τον ελάχιστο χρόνο.*

Αυτός ο περιεκτικός νόμος εξηγεί σαφώς την ευθύγραμμη κίνηση του φωτός στον αέρα ή σε οποιοδήποτε ομοιόμορφο μέσο γιατί η ευθεία γραμμή είναι ο συντομότερος δρόμος για καθετί που κινείται με σταθερή ταχύτητα. Ο νόμος εξηγεί επίσης και τη *διάθλαση* του φωτός στα σημεία επαφής διαφορετικών μέσων. Το φως κινείται με διαφορετικές ταχύτητες μέσα σε διαφορετικές ουσίες· έτσι η συντομότερη διαδρομή δεν είναι πια η ευθύγραμμη, κάτι που μπορούμε να το διαπιστώσουμε με το ακόλουθο παράδειγμα.

Ας υποθέσουμε πως κάποιος πνίγεται στη θάλασσα ενώ εσείς κάθεστε στην παραλία. Ποια διαδρομή θα σας φέρει στο συντομότερο χρόνο κοντά του, ξέροντας ότι στην παραλία τρέχετε γρηγορότερα απ' όσο κολυμπάτε στο νερό; Μια δυνατότητα είναι να διαλέξετε τον γεωμετρικά ευθύγραμμο δρόμο από το σημείο όπου βρίσκεστε ως εκεί όπου πνίγεται ο άνθρωπος. Αυτή η διαδρομή περιλαμβάνει ένα διάστημα όπου θα τρέξετε και ένα όπου θα κολυμπήσετε. Μια διαφορετική επιλογή είναι να τρέξετε στην παραλία ως το σημείο που βρίσκεται ακριβώς απέναντι από τον άνθρωπο κι από κει να πέσετε στο νερό και να κολυμπήσετε κατευθείαν προς το μέρος του. Αυτή η διαδρομή είναι μεγαλύτερη σε μήκος αλλά μπορεί να καλυφθεί σε μικρότερο χρόνο, εφόσον τρέχετε πολύ γρηγορότερα απ' όσο κολυμπάτε. Με τη μέθοδο «δοκιμής και σφάλματος» ή με την «τριγωνομετρία» θα ανακαλύψετε ότι η διαδρομή που γίνεται στον ελάχιστο

Στην πραγματικότητα πρόκειται για την εφαρμογή της αρχής του Fermat στην εξαγωγή του νόμου του Snell για τη διάθλαση του φωτός· ότι δηλαδή ο λόγος του ημιτόνου της γωνίας προσπτώσεως προς το ημίτονο της γωνίας διαθλάσεως είναι ίσος με το λόγο των ταχυτήτων του φωτός στα δύο μέσα (και αντίστροφος του λόγου των δεικτών διαθλάσεως). Μια ενδιαφέρουσα άσκηση είναι να υπολογίσετε την ακριβή διαδρομή που πρέπει να ακολουθήσετε από τη θέση όπου βρίσκεστε σε μια ακρογιαλιά μέχρι να φτάσετε κάποιον που κινδυνεύει να πνιγεί (πρώτα τρέχοντας στην παραλία και ύστερα κολυμπώντας στη θάλασσα ως τον άτυχο λουόμενο). Η πολυπλοκότητα ενός τέτοιου υπολογισμού (ή, αν θέλετε, ο χρόνος που θα χρειαστείτε για να καταλήξετε σ' ένα αριθμητικό αποτέλεσμα) υπογραμμίζει το γεγονός ότι το φως, αν δεν διαθέτει κάποιο φυσικό ένστικτο, πρέπει τουλάχιστον να έχει μια εγγενή ιδιαιτερότηταST.

Το φως είναι ένα ηλεκτρομαγνητικό κύμα με μια σειρά από «όρη» και «κοιλιάδες»³⁶. Το μήκος κύματος του φωτός καθορίζει αυτό που αντιλαμβανόμαστε ως χρώμα. Το μήκος κύματος για το ορατό φως εκτείνεται σε μια περιοχή από 4×10^{-7} μέτρα (ιώδες) μέχρι 7×10^{-7} μέτρα (ερυθρό). Αυτά τα μήκη κύματος μπορούμε να τα φανταστούμε ακριβώς γιατί το μήκος 10×10^{-7} είναι το χιλιοστό του χιλιοστού του μέτρου, ένα μέγεθος που μπορούμε να το συλλάβουμε με το «μάτι του νου».

Εδώ υπονοούνται φαινόμενα συμβολής. Η συμβολή μπορεί να είναι ή ενισχυτική ή εξασθενητική. Στην ενισχυτική, τα πλάτη των κυμάτων επιπροστίθενται και το τελικό πλάτος αυξάνεται. Αντίθετα, στην εξασθενητική τα πλάτη κατά ένα μέρος ακυρώνονται, οπότε το τελικό πλάτος μικραίνει. Αυτό φαίνεται καλά αν ρίξουμε ταυτόχρονα σε δυο γειτονικές θέσεις δύο πέτρες επάνω στην ακίνητη επιφάνεια του νερού μιας λίμνης: καθώς απλώνονται οι συγκεντρικοί κύκλοι των δημιουργούμενων κυμάτων, παρατηρούμε σε μια κοινή περιοχή τους αλλού να ενισχύονται και αλλού να εξασθενούν.

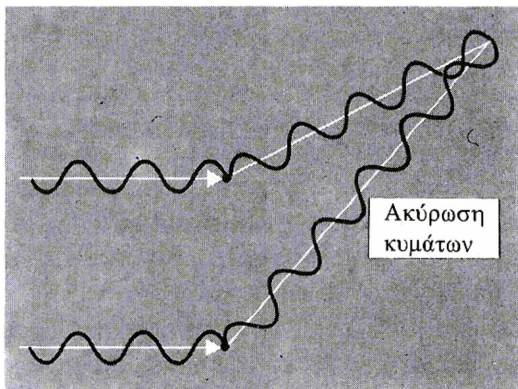
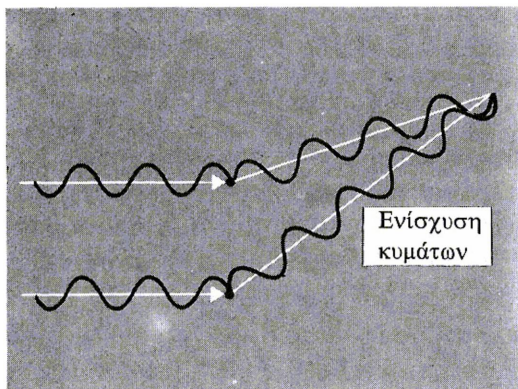
χρόνο περιλαμβάνει μια ευθύγραμμη κίνηση στη παραλία υπό κάποια γωνία, και μία δεύτερη ευθύγραμμη κίνηση στο νερό υπό διαφορετική γωνία προς το στόχους (αν βέβαια μετά από όλους αυτούς τους υπολογισμούς δεν είναι πια πολύ αργά!). Με τον ίδιο ακριβώς τρόπο συμπεριφέρεται το φως όταν περνά από ένα αραιότερο μέσο σε κάποιο άλλο πυκνότερο.

Πώς όμως το φως ξέρει από πριν ποιος είναι ο συντομότερος δρόμος; Και στο κάτω κάτω τι το νοιάζει; Ο μόνος τρόπος για να βρεθεί η γρηγορότερη διαδρομή φαίνεται πως είναι να δοκιμαστούν όλες οι διαδρομές και κατόπιν να εξαφανιστεί κάθε ίχνος αυτής της διαδικασίας. Κάτι πρέπει να υπάρχει λοιπόν στην ίδια τη φύση του φωτός που να το σπρώχνει εντελώς φυσικά να επιχειρεί όλες τις διαδρομές και ύστερα να τις εξαλείφει όλες εκτός από μία: τη συντομότερη.

Η κρίσιμη ιδιότητα είναι ότι *το φως κινείται όπως τα κύματα*. Όταν το αποδεχτούμε αυτό, όλες οι άλλες ιδιότητες μπαίνουν στή θέση τους: *το φως ακολουθεί αναπόφευκτα τον συντομότερο δρόμο*.

Το κύμα είναι μια διαταραχή, μια σειρά από κορυφές και εσοχές. Δύο ή περισσότερες κυματικές διαταραχές μπορεί να απλώνονται στην ίδια περιοχή. Αν συμβεί να συναντηθούν σε κάποιο σημείο οι κορυφές του ενός κύματος με τις εσοχές του άλλου έχουν την τάση να εξουδετερωθούν· έτσι, ένας παρατηρητής βλέπει εκεί μικρότερη διαταραχή ή ακόμη και τέλεια ακινησία αν η εξουδετέρωση είναι πλήρης. Αυτές είναι όλες κι όλες οι πληροφορίες που χρειαζόμαστε για να δούμε πώς η φύση του φωτός καθορίζει το πεπρωμένο του.

Έχουμε υιοθετήσει την άποψη ότι τα γεγονότα συμβαίνουν εφόσον δεν απαγορεύονται ρητώς και ότι ένας άπειρα σκληρός δημιουργός δεν μπαίνει στον κόπο να



απαγορεύσει τίποτε. Ας υποθέσουμε λοιπόν ότι μία ακτίνα φωτός πηγαίνει από ο Α στο Β ακολουθώντας μια ανδροική διαδρομή. Εμείς βέβαια, ξέρουμε πως το φως δεν κινείται έτσι, το φως όμως δεν το ξέρει! Αν όμως επιτρέπεται αυτή η διαδρομή (οπότε τόσο το καλύτερο για το φως), θα επιτρέπεται επίσης και κάποια άλλη διαδρομή πολύ γειτονική της. Έτσι το φως θα ακολουθήσει και αυτή τη δεύτερη διαδρομή. Ενώ όμως το φως που «γλίστρησε» κατά μήκος του πρώτου δρόμου μπορεί να φτάσει στο Β σαν κορυφή, το φως που γλιστράει κατά μήκος του δεύτερου δρόμου μπορεί να φτάσει στο Β σαν εσοχή ή κάτι ενδιάμεσο. Κοντά στον πρώτο υπάρχουν πάρα πολύ άλλοι δρόμοι και ένας παρατηρητής στο Β θα δει το αποτέλεσμα που προκύπτει από τα κύματα που έρχονται απ' όλους αυτούς τους δρόμους: στο Β φτάνουν συγχρόνως πολλές κορυφές, πολλές εσοχές και πολλές ενδιάμεσες καταστάσεις. Η ολική διαταραχή στο Β είναι συνεπώς μηδέν γιατί πάντα υπάρχει κάποια διαδρομή που θα ακυρώνει τη γειτονική της. Μ' άλλα λόγια αν επιτρέψουμε στο φως όλους τους δρόμους, φαίνεται πως δεν μπορεί να ακολουθήσει κανέναν. Όμως το φως κινείται!

Φαίνεται λοιπόν πως το προηγούμενο βήμα ήταν πολύ βιαστικό. Ας υποθέσουμε τώρα ότι μια ακτίνα φωτός ακολουθεί έναν ευθύγραμμο δρόμο από το Α στο Β καθώς κι έναν γειτονικό του. Αν ο δεύτερος δρόμος είναι πολύ κοντά στον πρώτο, στο Β θα φτάσει από τον δεύτερο δρόμο εσοχή όταν από τον πρώτο φτάνει εσοχή και κορυφή όταν από τον πρώτο φτάνει επίσης κορυφή. Από το Α μέχρι το Β υπάρχουν πολλές σχεδόν ευθείες γραμμές από τις οποίες στο Β φτάνουν διαταραχές ελάχιστα διαφορετικές απ' αυτή της ευθύγραμμης διαδρομής. Όταν το φως ακολουθήσει τις διαδρομές αυτές η

Όταν το μήκος κύματος είναι μικρό, ακόμη και οι ελάχιστες διαφορές των διαδρομών μπορεί να έχουν σημαντικές συνέπειες στο αποτέλεσμα της συμβολής. Με άλλα λόγια, τα μικρά μήκη κύματος ενεργούν όπως οι μεγεθυντικοί φακοί, δηλαδή μεγεθύνουν τις μικρές διαφορές των διαδρομών σε μεγάλες διαφορές στη συμβολή. Αυτό σημαίνει ότι όταν το μήκος κύματος είναι μικρό, μόνο οι διαδρομές οι οποίες είναι πολύ κοντά στην ευθεία γραμμή διαφεύγουν από την εξασθενητική συμβολή. Αντίθετα, όταν το μήκος κύματος είναι μεγάλο, η συμβολή ελάχιστα εξαρτάται από τη διαδρομή.

Το μήκος κύματος στη μέση C είναι 1,3 μέτρα, δηλαδή δεν διαφέρει πολύ από τα μεγέθη των συνηθισμένων αντικειμένων που υπάρχουν μέσα σ' ένα δωμάτιο. Συμπωματικά, τα ηχητικά κύματα δεν είναι ηλεκτρομαγνητικά αλλά κύματα πίεσης. Εντούτοις, οι βασικές αρχές της διάδοσης του φωτός μπορεί να εφαρμοστούν και στην περίπτωση του ήχου (εκτός από ορισμένες λεπτομέρειες).

Η ελάττωση της ταχύτητας του φωτός σε πυκνότερα μέσα είναι αποτέλεσμα της αλληλεπίδρασης του ηλεκτρομαγνητικού πεδίου της ακτίνας φωτός και των ηλεκτρονίων των μορίων που αποτελούν το μέσο διάδοσης. Κατά κάποιο τρόπο, αυτή η ιδέα πρέπει να ενσωματωθεί τόσο στο συλλογισμό μας όσο και στην ίδια την κυματική φύση του φωτός. Χρειάζεται όμως προσοχή όταν θεωρούμε το Σύμπαν σαν ενιαίο σύνολο. Ένας φακός μπορεί να θεωρηθεί σαν μια περιοχή πυκνού μέσου που έχει ειδικά διαμορφωθεί ώστε να επιτυγχάνει τη σωστή συμβολή των ακτίνων φωτός που περνούν απ' αυτή, με αποτέλεσμα οι ακτίνες να εκτρέπονται προς την κατάλληλη εστία.

διαταραχή δεν ακυρώνεται και ο παρατηρητής βλέπει στο Β φως. Παρατηρεί ότι το φως κινείται προς το μέρος του κατά μήκος γραμμών που είναι ευθείες ή σχεδόν ευθείες.

Το ποσοστό συνεισφοράς των σχεδόν αλλά όχι ακριβώς ευθύγραμμων ακτίνων στην ολική διαταραχή στο Β εξαρτάται από το μήκος κύματός των (την απόσταση δηλαδή δύο διαδοχικών κορυφών). Αν το μήκος κύματος είναι μικρό, στην αύξηση της διαταραχής στο Β συμβάλλουν μόνο όσες ακτίνες ακολουθούν δρόμους πολύ κοντά στην ευθεία· όλες οι άλλες διαταραχές εξουδετερώνονται αμοιβαία. Όσο το μήκος κύματος μεγαλώνει, η εξουδετέρωση καθυστερεί και στην αύξηση της διαταραχής συμβάλλουν και ακτίνες που ακολουθούν περισσότερο καμπύλους δρόμους. Γι' αυτόν ακριβώς το λόγο οι ραδιοφωνικές μεταδόσεις (όπου χρησιμοποιούνται μεγάλα μήκη κύματος) μπορούν να παρακάμπτουν κτίρια ενώ εμείς δεν μπορούμε να δούμε πίσω τους. Με τον ίδιο τρόπο μπορούμε να ακούμε πίσω από διάφορα εμπόδια: τα ηχητικά κύματα έχουν μεγάλα μήκη κύματος.

Η κυματική φύση του φωτός δείχνει ότι είναι αναπόφευκτη η επιλογή του να διαδίδεται ευθύγραμμα. Αυτό όμως αληθεύει όταν το μέσο είναι ομοιόμορφο όπως ο αέρας. Όταν το φως περνάει από ένα μέσο σε άλλο πυκνότερο, κινείται βραδύτερα και οι αποστάσεις των κορυφών και των εσοχών αλλάζουν. Σ' αυτή την περίπτωση, το φως δοκιμάζει όλους τους δυνατούς δρόμους, αλλά τώρα δεν είναι η γεωμετρική ευθεία που κοντά της βρίσκονται οι δρόμοι οι οποίοι συμβάλλουν στην αύξηση της διαταραχής. Τώρα η διαδρομή που ενισχύει τη διαταραχή εξαιτίας της μετατόπισης των κορυφών και των εσοχών είναι κάποια που αλλάζει κατεύθυνση

Η αρχή του ελάχιστου χρόνου είναι ειδική περίπτωση μιας γενικότερης αρχής των ακρότατων τιμών. Η κλασσική μηχανική μπορεί να διατυπωθεί επίσης με μια τέτοια αρχή, την «αρχή της ελάχιστης δράσης» που διατύπωσε ο Maupertuis το 1744 (με κάπως συγκεχυμένη μορφή), προσπαθώντας να δώσει στη μηχανική ένα θεολογικό υπόβαθρο, με το επιχείρημα ότι η τελειότητα του Υπέρτατου Όντος θα ήταν ασυμβίβαστη με ο,τιδήποτε άλλο εκτός από μια ελάχιστη σπατάλη δράσης^{35, ΣΤ}. Τώρα φαίνεται πόσο διασκεδαστική είναι μια τέτοια δικαιολογία.

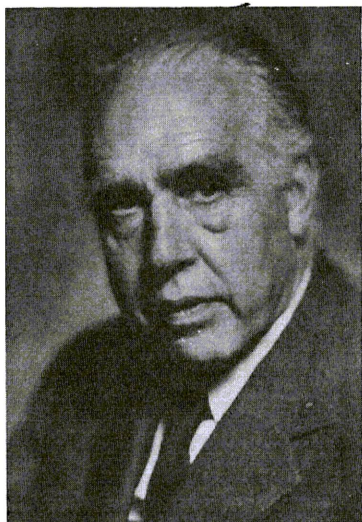
στο σημείο (ή επιφάνεια) επαφής των δύο μέσων και απλώς τυχαίνει αυτή η διαδρομή να είναι η συντομότερη. Έτσι ο νόμος αυτός φαίνεται να υποδεικνύει από μακριά πως κατά βάθος δεν υπάρχει σκοπός. Το φως ανακαλύπτει αυτόματα τους χρονικά συντομότερους δρόμους δοκιμάζοντας όλες τις εναλλακτικές διαδρομές και εξαφανίζοντας αυτόματα όλα τα ίχνη των δοκιμών του· αυτό μας παρουσιάζεται ως συμπεριφορά που εμείς τη συνοψίζουμε σε νόμο.

Το προηγούμενο παράδειγμα μας δείχνει πώς αυτοπεριορίζεται η απόλυτη ελευθερία. Ως προς την εξήγησή της παρατηρούμενης συμπεριφοράς, όλα όσα είπαμε συμφωνούν με την κοινή αντίληψη ότι τα άψυχα πράγματα είναι από τη φύση τους απλά. Αυτό είναι ένα ακόμη βήμα στο δρόμο για να θεμελιώσουμε την άποψη ότι και τα ζωντανά πράγματα, όντας εγγενώς άψυχα, είναι επίσης εγγενώς απλά.

Το επόμενο βήμα που προωθεί την ανάπτυξη του θέματος βρίσκεται στη διαπίστωση μιας παρόμοιας συμπεριφοράς η οποία μας κάνει να υποψιαστούμε ότι η ερμηνεία της δεν πρέπει να είναι διαφορετική. Πρόκειται για τη συμπεριφορά των υλικών σωματιδίων που κι αυτά, όταν δεν ενεργούν πάνω τους δυνάμεις, κινούνται ευθύγραμμα. Γιατί όμως;

Σύμφωνα με την άποψη που υιοθετήσαμε, τα υλικά σωματίδια από τη φύση τους κινούνται ευθύγραμμα. Ποια είναι όμως αυτή η εσωτερική φύση που καθορίζει μια τέτοια συμπεριφορά; Δεν είναι άλλη από το γεγονός ότι τα σωματίδια απλώνονται όπως τα κύματα.

Η κοινή λογική μας σπρώχνει να περάσουμε μ' ένα μόνο άλμα από την παλιομοδίτικη *κλασική Φυσική* του Νεύτωνα στη μοντέρνα θεωρία για την ύλη, την *κβαντική Φυσική* που θεωρεί ότι οι ιδιότητες «σωματίδιο» και



Niels Bohr



Erwin Schrodinger



Louis de Broglie



Werner Heisenberg

«κύμα» είναι αδιαχώριστες. Είναι αλήθεια πως πολλοί νιώθουν άνετα μέσα στην κλασική Φυσική και θεωρούν ότι η κβαντική θεωρία, επειδή είναι λιγότερο οικεία, βρίσκεται έξω από την κοινή αντίληψη. Εντούτοις, έχω τη γνώμη πως η κοινή αντίληψη λειτουργεί αντίθετα και μας οδηγεί στην αποδοχή της κβαντικής θεωρίας και στην αντικατάσταση της κλασικής Φυσικής. Υποστηρίζω ότι αν εξαιρέσουμε τη συντομία των διατυπώσεων και τα απλούστερα μαθηματικά της κλασικής Φυσικής, οι οικειότητες που έχουμε μαζί της έχουν σκοταδιστικό χαρακτήρα που τελικά μας εμποδίζει να δούμε τα ακατανόητά της. Με ενδελεχή εξέταση, οι ερμηνείες της κλασικής Φυσικής καταρρέουν και δείχνουν σαν απλές πλάνες όπως οι κινηματογραφικές σκηνογραφίες.

Στην κβαντική θεωρία υπάρχει κάτι πολύ περισσότερο από τη βεβαίωση ότι τα σωματίδια έχουν μια εγγενή κυματική φύση, γιατί αυτή η διαπίστωση αποτελεί τον πυρήνα της και εμείς θα ασχοληθούμε μ' αυτό ακριβώς το ζήτημα. Αρχικά θα ψάξουμε να βρούμε τον πραγματικό νόμο που διέπει την κλασική μηχανική των σωματιδίων και κατόπιν θα προσβλέψουμε σε μια ερμηνεία.

Ο νόμος που φαίνεται να κυβερνά τις κινήσεις των σωματιδίων είναι αξιοσημείωτα και συνεπώς ύποπτα όμοιος με αυτόν που καθορίζει τη διάδοση του φωτός: οι τροχιές που ακολουθούν τα σωματίδια όταν κινούνται από το Α στο Β σχετίζονται με το νόμο της *ελάχιστης δράσης*. Μη σας απασχολήσει η επιστημονική σημασία του όρου «δράση» γιατί δεν υπάρχει κανένα σφάλμα αν δεχτείτε τη δράση με τη συνηθισμένη καθημερινή σημασία της. Ειδικότερα, όταν ένα σωματίδιο δεν υπόκειται στην επίδραση καμιάς δύναμης, η διαδρομή του

Η μετάβαση από την κλασική μηχανική στην κβαντομηχανική με βάση τις αναλογίες ανάμεσα στην αρχή του ελάχιστου χρόνου της οπτικής και την αρχή της ελάχιστης δράσης της μηχανικής, καθιερώθηκε λεπτομερώς από τον R. Feynman^{38, 39, ΣΤ}.



«Η φύση είναι απλή και συνεπώς πολύ όμορφη» - R. Feynman

σύμφωνα με το νόμο της ελάχιστης δράσης είναι ευθύγραμμη και ομοιόμορφη (χωρίς μαιανδρικές κινήσεις ή επιταχύνσεις).

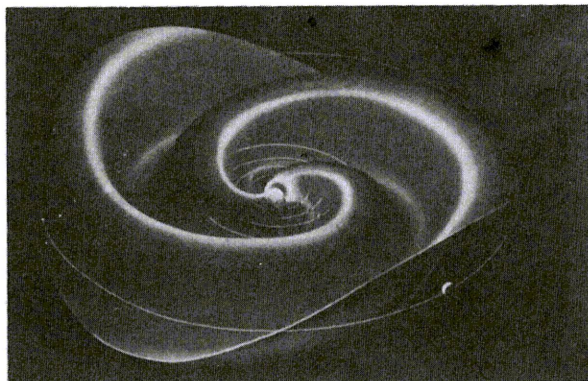
Πώς όμως το σωματίδιο ξέρει, χωρίς να δοκιμάσει, ποια από τις άπειρες δυνατές διαδρομές από το Α στο Β αντιστοιχεί στο νόμο της ελάχιστης δράσης; Και γιατί θά 'πρεπε να ενδιαφέρεται γι ' αυτήν;

Μόλις παραδεχτούμε την άποψη ότι τα σωματίδια απλώνονται όπως τα κύματα και τα δύο ερωτήματα παραμερίζονται με την ίδια συλλογιστική που χρησιμοποιήσαμε για να τα απομακρύνουμε και στην περίπτωση του φωτός. Η εγγενής φύση των σωματιδίων, ο κυματικός χαρακτήρας τους, εξασφαλίζει την κίνησή τους στις ευθείες γραμμές της ελάχιστης δράσης γιατί ακυρώνονται αυτόματα όλες οι άλλες που είναι τελείως ελεύθερες να δοκιμαστούν. Σωματίδια όπως οι χοίροι και οι άνθρωποι δεν φαίνονται σαν κύματα γιατί τα μήκη κύματός τους είναι κατά κανόνα τόσο μικρά ώστε να μην μπορούν να ανιχνευτούν. Εντούτοις και αυτά είναι απλωμένα όπως τα κύματα· αυτή ακριβώς η ιδιότητα ερμηνεύει φαινόμενα που αδυνατεί να τα αντιμετωπίσει η κλασική Φυσική.

Η παραπάνω εικόνα εξηγεί την ευθύγραμμη κίνηση των σωματιδίων γιατί όταν οι δυνάμεις απουσιάζουν οι ευθύγραμμες διαδρομές είναι οι μόνες που επιβιώνουν. Από την άλλη μεριά, ξέρουμε πως οι καμπύλες τροχιές και η επιταχυνόμενη κίνηση προκύπτουν από την επίδραση δυνάμεων. Τί είναι όμως οι δυνάμεις; Ως πρώτο βήμα στη προσπάθειά μας να βρούμε μιαν απάντηση, θα εξετάσουμε τη φύση της βαρύτητας επειδή αυτή η δύναμη χτίζει τη σκηνή όπου παίζουν το ρόλο τους οι άλλες δυνάμεις.

Εν συντομία, βαρύτητα είναι *παραμορφωμένος χωρό-*

Στον καμπύλο χωρόχρονο οι ευθείες γραμμές είναι οι γεωδαισιακές του. Τώρα κινούμαστε στην περιοχή της Γενικής θεωρίας της Σχετικότητας^{40, 41, 42, Δ}.



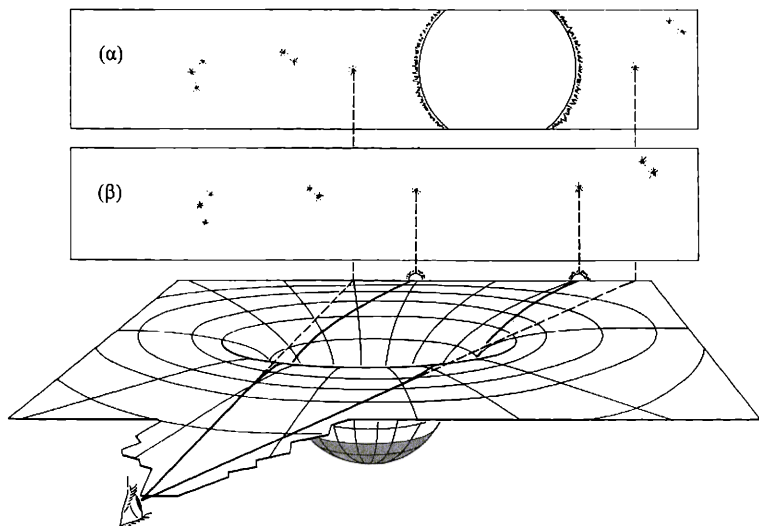
Η κίνηση των ουράνιων σωμάτων μπορεί να ερμηνευτεί ως το αποτέλεσμα της παραμόρφωσης του χωρόχρονου.

Τα σωματίδια κινούνται στο χωρόχρονο κατά μήκος των γαιωδαισιακών γραμμών για τον ίδιο λόγο που ακολουθούν ευθύγραμμες τροχιές στον συνήθη ευκλείδιο χώρο (ο οποίος όμως είναι ανύπαρκτος!). Αξίζει να σημειώσουμε ότι μια χρονοειδής γαιωδαισιακή στο χωρόχρονο είναι τοπικά η μακρύτερη και όχι η μικρότερη απόσταση· οπωσδήποτε, ισχύει το ίδιο επιχείρημα των ακρότατων τιμών.

χρονος. Αν την καταλάβουμε αυτή την έννοια (σε λίγο θα αρχίσουμε να συζητάμε πως μπορεί να γίνει κατανοητή) η δύναμη της βαρύτητας κατ' ουσίαν εξαφανίζεται ως αυθυπόστατη έννοια και μένει μόνο στις συζητήσεις και τους υπολογισμούς μας. Η απομάκρυνση μιας ιδέας αποτελεί καλή «ερμηνεία» γιατί συνεπάγεται τη δημιουργία λιγότερων πραγμάτων.

Ας ξεχάσουμε για μια στιγμή το χρόνο του χωρόχρονου και ας συγκεντρωθούμε μόνο στο χώρο. Τώρα, παραμορφωμένος χώρος σημαίνει ότι αυτό που αντιλαμβανόμαστε σαν ευθεία είναι διαφορετικό από την αληθινή ευθεία. Από μια άποψη, αυτό που «παραμορφώνεται» είναι η αντίληψή μας που και αυτή — όπως και άλλες πλάνες — είναι αποτέλεσμα της εξοικείωσής μας με τα πράγματα. Έτσι, αντί να προσπαθήσουμε να εξηγήσουμε για ποιο λόγο υπό την επίδραση της βαρύτητας τα σωματίδια εκτρέπονται από την ευθύγραμμη τροχιά τους, θα υιοθετήσουμε μια κομψότερη εναλλακτική άποψη. Θα δεχτούμε δηλαδή ότι τα σωματίδια ακολουθούν απαρεικλείτως ευθείες γραμμές αλλά αυτές οι διαδρομές σε μας φαίνονται καμπυλωμένες.

Αυτή η αλλαγή του τρόπου θεώρησης των πραγμάτων, μολονότι φαίνεται σαν ένα λεκτικό παιχνίδι απ' αυτά που αρέσουν στους φιλόσοφους, στην πραγματικότητα είναι μια μεγάλη απλούστευση. Σε μια αλλαγή του τρόπου θεώρησης δεν υπάρχει τίποτε το δόλιο: επιστήμη είναι η αναζήτηση της απλούστερης άποψης της άποψης που εξαφανίζει την πολυπλοκότητα, που δεν δημιουργεί καινούργια προβλήματα. Τώρα παραμερίσαμε ένα ακόμη από τα πράγματα που πρέπει να εξηγήσουμε επειδή ξέρουμε πια ότι τα σωματίδια από την ίδια τους τη φύση οδηγούνται στο να ακολουθούν ευθείες γραμμές. Τα πράγματα — σωματίδια, φως, άνθρωποι,



Το φως ακολουθεί γεωδαισιακές καμπύλες. Αν φωτεινές ακτίνες που έρχονται από τα μακρινά άστρα περάσουν κοντά από τον Ήλιο, εξαιτίας της παραμόρφωσης που προκαλεί η μάζα του στο χωρόχρονο, καμπυλώνονται και η θέση των άστρων φαίνεται (σε μια έκλειψη Ηλίου) διαφορετική (α). Η πραγματική θέση των άστρων είναι η (β).

Το βαρυντικό πεδίο του Ήλιου χρειάζεται ακριβώς ένα χρόνο για να κάνει μια ευθεία γραμμή, τη διάμετρο της τροχιάς της Γης, να φαίνεται σαν μια περιφέρεια.

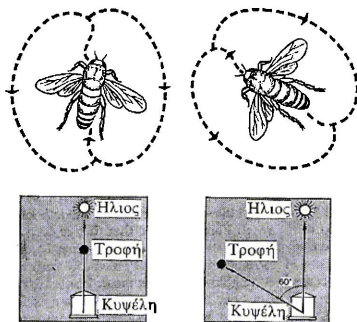
πλανήτες, άστρα και γαλαξίες — ακολουθούν *χωρίς καμιά παρέκκλιση* ευθύγραμμες διαδρομές. Αυτό είναι το φυσικό τους. Εμείς όμως, οι παρατηρητές και σχολιαστές, πρέπει να τροποποιήσουμε την επινοημένη από τον άνθρωπο έννοια της ευθείας.

Όμως, η καμπύλωση του χώρου από μόνη της δεν φαίνεται να τα καταφέρνει τέλεια. Για παράδειγμα, ξέρουμε ότι οι πλανήτες κινούνται σε περισσότερο ή λιγότερο κυκλικές τροχιές γύρω από τον Ήλιο και δεν φαίνεται δυνατό να φανταστούμε το χώρο να καμπυλώνεται σε τέτοιο σημείο που οι ευθείες να μας παρουσιάζονται σαν κύκλοι. Ξέρουμε ακόμη ότι κάτω από την επίδραση της βαρύτητας τα σώματα επιταχύνονται. Για να συλλάβουμε την έννοια της ταχύτητας, είμαστε υποχρεωμένοι να συνυπολογίσουμε και το χρόνο: μπορεί να υπάρχει θέση χωρίς χρόνο αλλά ταχύτητα χωρίς χρόνο δε γίνεται. Η εισαγωγή του χρόνου στην έρευνά μας και η συγχώνευση του χώρου και του χρόνου στο χωρόχρονο όχι μόνο μας οδηγεί αμέσως στην έννοια της ταχύτητας αλλά προσφέρει και αρκετή ευκαμψία ώστε οι ευθείες να παραμορφώνονται σε κλειστές τροχιές. Μ' άλλα λόγια, η παρατήρηση ότι οι πλανήτες και οι δορυφόροι διαγράφουν σχεδόν κυκλικές τροχιές μας εξαναγκάζει να σκεφτόμαστε το χρόνο και το χώρο πάντα μαζί. Η παρατήρηση, λοιπόν, ολοφάνερων πραγμάτων μας έφερε σε μια καινούργια σύνθεση.

Τί εννοούμε πραγματικά όταν μιλάμε για συγχώνευση; Η συγχώνευση αυτή πρέπει να είναι μια διαδικασία εξαιρετικής λεπτότητας επειδή πρόκειται για οντότητες που φαίνονται πολύ διαφορετικές. Τον χώρο τον βλέπουμε · μέσα του βαδίζουμε, περιφερόμαστε και όταν επιστρέψουμε τον ξαναβρίσκουμε. Έχουμε ακόμη συνείδηση της ύπαρξης του χρόνου αλλά δεν μπορούμε

Η φύση του χρόνου υπήρξε το αντικείμενο πολλών συζητήσεων από διαφορετικές σκοπιές, όπως τη θεολογική, τη φιλοσοφική και την επιστημονική με καρποφόρα αποτελέσματα. Νομίζω ότι η πιο ενδιαφέρουσα πρόσφατη εργασία γι' αυτό το θέμα βρίσκεται στο βιβλίο του G. J. Whithrow⁴³, το οποίο πραγματεύεται τις διάφορες απόψεις του χρόνου όπως τον ανθρώπινο, τον βιολογικό, τον μαθηματικό και τον κοσμικό χρόνο. Αυτό το ενδιαφέρον βιβλίο περιλαμβάνει παραδείγματα που εκτείνονται από το χορό των μελισσών* ως το αίσθημα κόπωσης που προκαλείται σε επιβάτες αεριωθουμένων όταν αλλάζουν αρκετές ζώνες χρόνου σε λίγες ώρες.

* Με το χορό της μια μέλισσα πληροφορεί τις άλλες για την απόσταση και τη διεύθυνση όπου βρίσκεται κάποιο άνθος (τροφή). Αναφέρεται ως παράδειγμα βιολογικού ρολογιού γιατί για να μεταδώσει με το χορό της την πληροφορία της κατεύθυνσης της τροφής, χρησιμοποιεί τη θέση του Ήλιου. (Σ.τ.μ.).



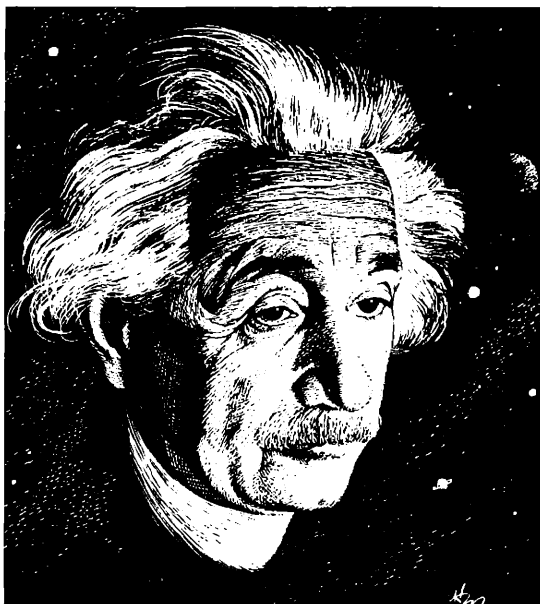
Η ιδέα της μέτρησης των αποστάσεων B-N και A-Δ με διαφορετικές μονάδες μήκους, που είναι κάτι ανάλογο με την ενσωμάτωση του χρόνου στο χώρο, είναι μια ακόμη ιδέα που πήραμε από τη «Φυσική του Χωρόχρονου»⁴⁴. Το μεγάλο πλεονέκτημα αυτής της μετατροπής βρίσκεται στο ότι μας οδηγεί στην έννοια και στον ορισμό της απόστασης.

να τον σταματήσουμε. Μπορούμε να πιάνουμε τα αντικείμενα του χώρου αλλά αντίθετα ο χρόνος είναι αυτός που μας αρπάζει. Ο χρόνος φαίνεται σαν κάτι το εσωτερικό ενώ ο χώρος είναι εξωτερικός.

Ακόμη κι αν δεν υπήρχε η αντίληψη να τον αποκαλύψει, ο χρόνος θα διακρινόταν από το χώρο. Μολονότι πολλοί αναφέρουν το χρόνο σαν μια τέταρτη διάσταση, στην πραγματικότητα δεν είναι απλώς η τέταρτη διάσταση του χώρου. Ενώ μπορούμε να φανταστούμε ότι ο χρόνος είναι μία επιπλέον διάσταση, ο χωρόχρονος δεν είναι απλώς χώρος στον οποίο προσκολλήθηκε μια ακόμη διάσταση. Η βασική διάκριση ανάμεσα στο χώρο και το χρόνο βρίσκεται στον τρόπο που συγχωνεύονται με δυο λέξεις, βρίσκεται στη *γεωμετρία* τους.

Ο πλούτος του κόσμου μπορεί να περιγραφεί ως σύνολο από γεωμετρικές ιδιαιτερότητες. Η παρακάτω αναλογία θα μας βοηθήσει να καταλάβουμε πώς συγχωνεύονται ο χρόνος και ο χώρος. Ας εξετάσουμε πρώτα μόνο το χώρο. Ας υποθέσουμε ότι από ιστορικούς λόγους είχαμε συνηθίσει να μετρούμε τις αποστάσεις Ανατολή - Δύση (Α - Δ) σε μίλια και τις αποστάσεις Βορράς - Νότος (Β - Ν) σε χιλιόμετρα. Δεν είναι καθόλου δύσκολο να φανταστεί κανείς πόσο κοπιαστικό θα ήταν να υπολογίσουμε κάποια απόσταση (και το χρόνο που θα χρειαζόταν να τη διανύσουμε) από ένα σημείο σε κάποιο άλλο που βρίσκεται βορειοανατολικά! Τα πράγματα θα μπερδεύονταν περισσότερο όταν διαπιστώναμε ότι η ακτίνα ενός κύκλου μεταβάλλεται από ένα μίλι σε 1,6 χιλιόμετρα. Σίγουρα θα σκεφτόμαστε ότι σ' αυτή τη διαπίστωση πρέπει να υπάρχει κάποιο στοιχείο που θα μπορούσε να μας οδηγήσει στην αποκάλυψη της φύσης του Σύμπαντος.

Η πολυπλοκότητα θα εξαφανιζόταν μόλις κάποιος



«Ο ίδιος ο Νεύτωνας γνώριζε καλύτερα από τις επόμενες γενιές τις έγγενείς αδυναμίες του νοητικού οικοδομήματός του. Αυτό πάντα μου προξενούσε μεγάλο θαυμασμό» — A. Einstein.

Η ακριβής τιμή του c είναι $2,997925 \times 10^8$ μέτρα/δευτερόλεπτο. Λέω ότι είναι παραπλανητικό να ονομάζεται ταχύτητα του φωτός γιατί στην πραγματικότητα είναι η οριακή ταχύτητα διάδοσης οποιουδήποτε σήματος (ή αντικειμένου). Απλούστατα έτυχε να εισαχθεί στη Φυσική διαμέσου της ηλεκτρομαγνητικής θεωρίας. Έτσι, κάθε σήμα μεταφερόμενο με σωματίδια που δεν έχουν μάζα (όπως τα φωτόνια του ηλεκτρομαγνητισμού, τα βαρυτόνια της βαρύτητας, τα νετρίνα), διαδίδεται με την ίδια ταχύτητα c .

έκανε την υπόδειξη να μετατρέψουμε τα μίλια σε χιλιόμετρα. Από τη στιγμή που οι αποστάσεις $A - \Delta$ μετρηθούν σε χιλιόμετρα, η ακτίνα του κύκλου θα βρίσκεται ανεξάρτητα από τη διεύθυνση, οι βορειοανατολικές όπως και όλες οι άλλες αποστάσεις θα πάρουν απλούστατη μορφή και το πυθαγόρειο θεώρημα θα διατυπωθεί με μέγιστη απλότητα: $d^2 = x^2 + y^2$. Η πολυπλοκότητα της γεωμετρικής περιγραφής του κόσμου μειώνεται όταν όλες οι αποστάσεις μετριοούνται με τις ίδιες μονάδες ανεξάρτητα από τις διευθύνσεις.

Μπορείτε να φανταστείτε πως θα απέμεναν λίγοι επιστήμονες και αρκετοί φιλόσοφοι που θα προχωρούσαν ψάχνοντας να εξηγήσουν την προέλευση αυτού του μαγικού παράγοντα που μετατρέπει τα μίλια σε χιλιόμετρα, πιστεύοντας ακράδαντα ότι η τιμή του 1,609344 χιλιόμετρα/μίλι έπαιζε σημαντικό ρόλο σε ερμηνευτικά ζητήματα σχετικά με τις ιδιότητες του Σύμπαντος. Είμεν, στην προσπάθειά μας να κατανοήσουμε δεν θα παρασυρθούμε στις ανθρώπινες επινοήσεις για βαθύτερη αίτια· αντίθετα, θα επιχειρήσουμε να καταλάβουμε παραμερίζοντάς τα.

Ο ίδιος ακριβώς τύπος απλοποίησης επιτυγχάνεται όταν χρησιμοποιηθούν οι ίδιες μονάδες για το χώρο και το χρόνο. Το μόνο που χρειάζεται είναι ένας παράγοντας μετατροπής των δευτερολέπτων σε χιλιόμετρα, ένας παράγοντας του τύπου «τόσα χιλιόμετρα ανά δευτερόλεπτο»· αυτό όμως είναι μια ταχύτητα. Ο παράγοντας που λειτουργεί, από την άποψη συμφωνίας με την παρατήρηση, έχει την τιμή περίπου 300.000 χιλιόμετρα ανά δευτερόλεπτο, συμβολίζεται με c και έχει το παραπλανητικό όνομα «ταχύτητα του φωτός».

Είναι αλήθεια πως αν εκφράζαμε το χρόνο σε χιλιόμετρα θα δυσκολευόμασταν αρκετές φορές, όπως, για

Μια συνηθισμένη μονάδα μέτρησης των αποστάσεων στην Αστρονομία είναι το έτος φωτός. Το έτος φωτός είναι η απόσταση που διανύει το φως σε χρονικό διάστημα ενός έτους (ισοδυναμεί με $9,45 \times 10^{15}$ μέτρα ή 9,45 τρισεκατομμύρια χιλιόμετρα). Ο Ήλιος απέχει από τη Γη 8,3 λεπτά φωτός. Το πλησιέστερο άστρο, ο Άλφα του Κενταύρου, απέχει 4,27 έτη φωτός και ο πλησιέστερος γαλαξίας, το νεφέλωμα της Ανδρομέδας, περίπου 2,25 εκατομμύρια έτη φωτός. Με το έτος φωτός υπάρχει η δυνατότητα να εκφράζονται οι αποστάσεις με μονάδες χρόνου, κάτι που είναι αντίθετο απ' αυτό που αναφέραμε παραπάνω: δηλαδή ότι είναι νόμιμο και σωστό, όσο και βολικό, να μετράμε με την ίδια μονάδα αποστάσεις σε όλες τις κατευθύνσεις.

Η διαπίστωση ότι η ταχύτητα του φωτός είναι ανεξάρτητη από την κινητική κατάσταση του παρατηρητή οφείλεται στο διάσημο πείραμα των Michelson - Morley που έδωσε ένα από τα μεγαλύτερα αρνητικά πειραματικά αποτελέσματα της επιστήμης^{43, 45}. Το άλλο μεγάλο αρνητικό αποτέλεσμα είναι ότι δεν έγινε δυνατή η διαπίστωση διαφοράς μεταξύ της αδρανιακής και της βαρυτικής μάζας που επιχειρήθηκε με τα πειράματα των Eötvös και Roll, Krotow και Dicke. Μπορεί να θεωρηθεί ότι η αποτυχία αποτέλεσε το κίνητρο για να δημιουργηθεί η Γενική Θεωρία της Σχετικότητας^{8, 42}.

παράδειγμα, όταν θα βλέπαμε τους τεράστιους αριθμούς πάνω στις πλάκες των ρολογιών ή όταν θ' ακούγαμε ασυνήθιστες φράσεις του τύπου «άργησες 56 εκατομμύρια χιλιόμετρα!». Θα ανταμοιβόμασταν όμως πλούσια με την κομψή απλότητα των μετρήσεων των αποστάσεων και της περιγραφής των καμπυλών.

Αν θεωρήσουμε το c σαν ένα απλό παράγοντα μετατροπής που μας διευκολύνει στις μετρήσεις, προκύπτει το ερώτημα γιατί το φως να διαδίδεται με την ίδια πάντα ταχύτητα; Η απάντηση θα βρεθεί αμέσως μόλις εξετάσουμε μιαν άλλη λεπτομέρεια.

Επειδή το c είναι ένας παράγοντας που μετατρέπει μια μονάδα μετρήσεως σε κάποια άλλη, είναι λογικό να περιμένουμε κάθε παρατηρητής να του δίνει την ίδια τιμή. Δεν έχει καμιά σημασία η θέση που βρίσκεστε ή το τι κάνετε: ο παράγοντας μετατροπής θά 'πρεπε να είναι ο ίδιος. Κάθε παρατηρητής ανεξάρτητα από την κινητική του κατάσταση, θά 'πρεπε να βρίσκει την ίδια τιμή του c .

Η ενσωμάτωση της σταθερότητας του c στη Φυσική έφερε τη δεύτερη επιστημονική επανάσταση του εικοστού αιώνα: τη *σχετικότητα*. Η επανάσταση αυτή προέκυψε από μια αντίφαση. Από τη μια μεριά το c αναγνωριζόταν ως *σχετική ταχύτητα* (η ταχύτητα του φωτός ως προς τον παρατηρητή που και αυτός μπορεί να κινείται, οπότε είναι λογικό να περιμένει να βρίσκει διαφορετικές ταχύτητες για το φως οι οποίες θα εξαρτώνται από το πόσο γρήγορα πλησιάζει ή απομακρύνεται από την πηγή το φως). Από την άλλη, το c αναγνωριζόταν ως *απόλυτη* σταθερά, η ίδια για κάθε παρατηρητή, ανεξάρτητα από το τι κάνει και ειδικότερα από το πόσο γρήγορα κινείται.

Αυτή η αντίφαση παύει να υπάρχει μόνο με έναν

Τα πρόσσημα (+, +, +, -) στην παράσταση $x^2+y^2+z^2-(ct)^2$ μπορούμε να τα θεωρήσουμε ως τη μετρική υπογραφή του χώρου. Η υπογραφή της ευκλείδειας γεωμετρίας με τέσσερις χωρικές διαστάσεις θα ήταν (+, +, +, +).

Η απόσταση d (distance) δύο σημείων που δίνει ο τύπος $d^2=x^2+y^2$ θεωρείται ως το μέγεθος που χαρακτηρίζει το χώρο. Το διάστημα (interval) ανάμεσα σε δύο συμβάντα είναι το μέγεθος που χαρακτηρίζει το χωρόχρονο. Βρέθηκε ότι η ποσότητα $x^2+y^2+z^2-(ct)^2$ είναι ανεξάρτητη από την ταχύτητα με την οποία κινείται ένας παρατηρητής^{44, Δ}.

τρόπο. Ο χρόνος πρέπει να συνδέεται με το χώρο με τέτοιο τρόπο ώστε να διαστρεβλώνει την αντίληψή μας για τις σχετικές ταχύτητες.

Το θεώρημα του Πυθαγόρα συνοψίζεται από τη σχέση $d^2 = x^2 + y^2$. Σε τρεις διαστάσεις η σχέση γενικεύεται και γίνεται $d^2 = x^2 + y^2 + z^2$. Αν ο χρόνος ήταν απλώς μια τέταρτη διάσταση του χώρου, ένας σύγχρονος Πυθαγόρας θα έγραφε $d^2 = x^2 + y^2 + z^2 + (ct)^2$. Κι όμως, αυτή η γενίκευση του τύπου απλούστατα δεν λειτουργεί! Ο παρατηρητής που θα ήθελε με αυτή τη σχέση να υπολογίσει την απόσταση δύο συμβάντων, θα βρισκόταν σε απελπιστική θέση γιατί με βάση αυτόν τον τύπο η απόσταση εξαρτάται κατά πολύπλοκο τρόπο από την ταχύτητά του, η δε ταχύτητα του φωτός που υπολογίζει εξαρτάται από την κινητική του κατάσταση.

Αυτή η σύγχυση εξαφανίζεται με μια μικρή αλλαγή που έχει αποτέλεσμα όλοι οι παρατηρητές να βρίσκουν την ίδια ταχύτητα για το φως, όποια και αν είναι η κινητική τους κατάσταση. Αν οι αποστάσεις υπολογιστούν από τη σχέση $d^2 = x^2 + y^2 + z^2 - (ct)^2$, τότε γίνονται ανεξάρτητες από τις δραστηριότητες και τον προσανατολισμό του παρατηρητή. Όλοι οι παρατηρητές βρίσκουν την ίδια απόσταση. Κάθε παρατηρητής διαπιστώνει ότι το φως κινείται με την ίδια ταχύτητα!

Φτάσαμε στην κρίσιμη απλούστευση της περιγραφής των ιδιοτήτων του χώρου και του χρόνου. Λόγω του αρνητικού προσήμου, μολονότι ο χρόνος εκφράζεται σαν απόσταση δεν είναι εντούτοις απλώς μια τέταρτη διάσταση του χώρου. Επίσης, εξαιτίας του αρνητικού προσήμου ο χρόνος διαφέρει τελείως από το χώρο. Θα δούμε ότι η φαινομενικά ασήμαντη αλλαγή προσήμου συνεπάγεται τη διαφορά ανάμεσα στην ύπαρξη και την ανυπαρξία. Επίσης, αποτελεί την αιτία για τις διαφορε-

Ο περιορισμός της φοράς κίνησης των σωμάτων που προκύπτει από τη μετρική υπογραφή (+, +, +, -) επεξηγείται στα βιβλία που πραγματεύονται τη θεωρία της Σχετικότητας και τα οποία αναφέραμε παραπάνω^{41, 44, Δ}.

Για να αντιληφθείτε το τι είναι και τι δεν είναι μια ευθεία γραμμή στο χωρόχρονο, θεωρήστε την τροχιά του σώματός σας τώρα που διαβάζετε αυτό το βιβλίο καθισμένοι στην καρέκλα σας. Η βαρυτική

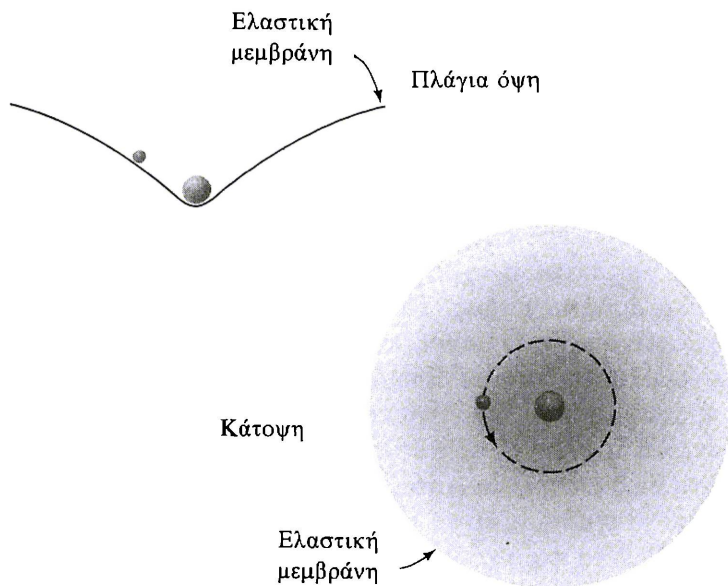
τικές αντιλήψεις μας σχετικά με τη θέση και τη διάρκεια. Αυτό το *αρνητικό πρόσημο* υπονοούμε όταν μιλάμε για *γεωμετρική ιδιαιτερότητα*. Αυτό βρίσκεται πίσω από την ύπαρξη και την εξέλιξη του Σύμπαντος.

Εξαιτίας του αρνητικού προσήμου κανένα σήμα δεν μπορεί να κινηθεί προς τα πίσω στο χωρόχρονο, όπως ο κύκλος της ευκλείδειας γεωμετρίας δεν μπορεί να αποκτήσει αρνητική ακτίνα. Το αρνητικό πρόσημο απομονώνει το παρόν από το παρελθόν και αποκλείει κάθε επίδραση του μέλλοντος στο παρόν ή το παρελθόν. Βεβαιώνει επομένως ότι το πεπρωμένο μας βρίσκεται στο μέλλον και όχι στο παρελθόν.

Η ανεπανάληπτη, μη αναστρέψιμη ακολουθία των συμβάντων που συνιστούν το περιεχόμενο της συνείδησής μας είναι ο «χρόνος» που αντιλαμβανόμαστε να κυλά προς τα μπρος. Τα συμβάντα εξελίσσονται υποχρεωτικά προς τα μπρος, κατά μήκος της διάστασης που ονομάζουμε χρόνο. Επειδή τα ξεχωριστά συμβάντα πραγματοποιούνται μόνο κατά τη μία χρονική φορά και επειδή η αλλαγή παγιδεύεται εξαιτίας της διασποράς στη μη αναστρεψιμότητα, και επειδή ακόμη η αντίληψη των πραγμάτων είναι συσώρευση πείρας, γι' αυτό ακριβώς το περιεχόμενο της συνείδησής μας μεταφέρεται στο μέλλον.

Πρέπει όμως να επιστρέψουμε στην πλάνη της ευθείας γραμμής και στις φυσικές τροχιές των σωματιδίων. Ως τώρα είδαμε τι συμβαίνει όταν καμπυλώνεται μόνον ο χώρος· ας θεωρήσουμε τώρα ότι είναι καμπυλωμένος ο χωρόχρονος. Η παρουσία ύλης προκαλεί παραμόρφωση του χωρόχρονου έτσι ώστε αυτό που φαινομενικά είναι ευθεία γραμμή, στην πραγματικότητα δεν είναι. Τα σωματίδια ακολουθούν στο χωρόχρονο ευθείες γραμμές γιατί αυτή είναι η φύση τους· ο θεατής

επίδραση της Γης παραμορφώνει το χωρόχρονο που υπάρχει γύρω σας έτσι που η φυσική κίνησή σας να κατευθύνεται προς το κέντρο της Γης. Ενώ έχετε την τάση να κινηθείτε προς αυτή την κατεύθυνση, συναντάτε ένα εμπόδιο, δηλαδή την ίδια τη Γη που δεν μπορείτε να τη διαπεράσετε για κβαντομηχανικούς λόγους (εκτός βέβαια αν τη σκάψετε!) Αυτό το εμπόδιο ασκεί μια δύναμη που την αντιλαμβάνεστε διαμέσου του καθίσματος της καρέκλας. Αυτή η δύναμη σας εκτρέπει από τη γεωδαισιακή τροχιά σας.



Τα αποτελέσματα της βαρύτητας ερμηνευόμενα από τη καμπύλωση του χωρόχρονου, μπορεί να θεωρηθούν ανάλογα με την καμπύλωση μιας ελαστικής μεμβράνης από το βάρος μιας μεγάλης μεταλλικής σφαίρας. Όπως η καμπύλωση της μεμβράνης αυξάνει όσο πλησιάζει κανείς τη σφαίρα, έτσι αυξάνεται και η βαρυτικά επαγόμενη καμπύλωση του χωρόχρονου κοντά σ' ένα αντικείμενο μεγάλης μάζας. Εξαιτίας της παραμόρφωσης της μεμβράνης η μικρή σφαίρα διαγράφει μια τροχιά γύρω από τη μεγάλη. Παρομοίως, οι πλανήτες κινούνται γύρω από τον Ήλιο. Εξαιτίας της καμπύλωσης του χωρόχρονου που προκαλείται απ' αυτόν.

όμως δεν βλέπει πια την ευθεία ως ευθεία. Τώρα, επειδή ο χρόνος αναδιπλώνεται μέσα στο χώρο, η συνολική δομή — ο χωρόχρονος — είναι παραμορφωμένη, η ομοιόμορφη κίνηση δεν γίνεται πλέον αντιληπτή ως ομοιόμορφη και η χωρική ευθεία φαίνεται τώρα καμπυλωμένη. Έτσι ο θεατής σχηματίζει την εντύπωση ότι τα σωματίδια επιταχύνονται ή επιβραδύνονται. Στην πραγματικότητα, η κίνηση των σωματιδίων παραμένει ομοιόμορφη, αλλά οι εγγενείς ιδιότητες του χωρόχρονου εξαπατούν το θεατή και τον κάνουν να αντιλαμβάνεται μεταβολές της κίνησης.

Η τροχιά ενός πλανήτη γύρω από τον Ήλιο είναι μια γραμμή εντελώς ευθεία, κατά μήκος της οποίας κινείται ομοιόμορφα ο πλανήτης· εμείς όμως αντιλαμβανόμαστε ότι είναι κλειστή και ανομοιόμορφα διανυόμενη. Μια μπάλα κατά την άνοδο και τη πτώση της στην πραγματικότητα ακολουθεί ευθύγραμμη και ομοιόμορφη διαδρομή ενώ η παραμόρφωση που προκαλείται στο χωρόχρονο από την παρουσία της Γης παραμορφώνει την αντίληψή μας σαν παραμορφωτικός φακός. Έτσι λοιπόν συμπεραίνουμε ότι στη μπάλα επιδρά μια δύναμη που επιβραδύνει την άνοδό της και ύστερα επιταχύνει την επιστροφή της στο έδαφος. Στην πραγματικότητα δεν υπάρχει καμία δύναμη: *η τροχιά είναι μια πλάνη.*

Για να υποδηλώσουμε αυτή την παραμόρφωση χρησιμοποιούμε τη λέξη *βαρύτητα*. Η κίνηση είναι εγγενώς εξαιρετικά απλή: είναι ομοιόμορφη και ευθύγραμμη αλλά απλώς φαίνεται ότι μεταβάλλεται από την παρουσία ύλης. Κατά βάθος δεν υπάρχει καμία βαρύτητα.

Βρισκόμαστε λοιπόν μπροστά στο προφανές ερώτημα: Γιατί η ύλη προκαλεί παραμόρφωση; Σ' αυτό το ερώτημα θα επιστρέψουμε αργότερα· προς το παρόν θα

Η πιο προσιτή εισαγωγή στην εξήγηση των δυνάμεων από τη σκοπιά της ανταλλαγής των σωματιδίων είναι ίσως το βιβλίο του N. Calder^{7, E}. Το παράδειγμα με τα «μπούμεραγκ» το πήραμε από μια διάλεξη του Sir D. Wilkinson το Κολέγιο του Wolfon, το 1980. Η αναλογία είναι βαθιά και παραστατική γιατί η απωστική ή η ελκτική εκδήλωση των δυνάμεων εξαρτάται από το σπιν των σωματιδίων που ανταλλάσσονται: Τα σωματίδια με ακέραιο* (0, 1, 2 ...) αριθμό σπιν έλκονται μεταξύ τους ενώ όσα έχουν ημιπεριττό** (1/2, 3/2, ...) αριθμό σπιν απωθούνται. Μια επισκόπηση του σύγχρονου τρόπου περιγραφής των δυνάμεων μας δίνει ο P. Davies⁴⁶. Η ενοποίηση των δυνάμεων και η ιδέα της υπερβαρύτητας αναπτύσσονται επίσης πολύ απλά σ' ένα άρθρο των D. Freedman και P. Nieuwenhuizen^{47, 1A}.

* Ονομάζονται μποζόνια και είναι τα σωματίδια φορείς πεδίων (φωτόνια, γκραβιτόνια κ.ά.) (Σ.τ.μ.).

** Ονομάζονται φερμιόνια και είναι τα σωματίδια ύλης (ηλεκτρόνια, πρωτόνια κ.ά.) (Σ.τ.μ.).

Η ηλεκτρομαγνητική δύναμη ανάμεσα στα ηλεκτροφορτισμένα σωματίδια οφείλεται στην ανταλλαγή φωτονίων (κβάντα φωτός). Οι ισχυρές δυνάμεις αναπτύσσονται κατά την ανταλλαγή γκλουόνς (gluons)* μεταξύ των κούαρκ. Οι ασθενείς δυνάμεις εξηγούνται με τα «ενδιάμεσα διανυσματικά μποζόνια» (μια άτυχη αλλά ακριβής περι-

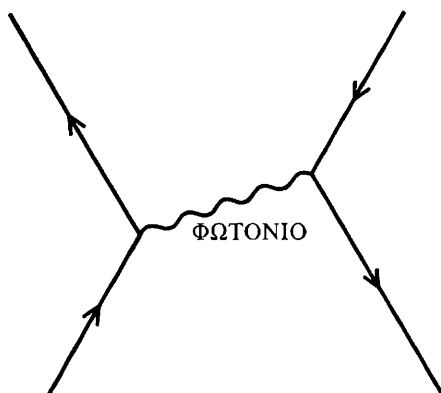
* Η σωστότερη ονομασία είναι γλοιόνια γιατί gluons προέρχεται από την αγγλική λέξη glue = κόλλα που έχει τη ρίζα της στην ελληνική γλοιός = κολλώδες, συγκολλητικό μέσο. (Σ.τ.μ.).

εξετάσουμε κάποια άλλα βασικά ζητήματα. Εκτός από τη βαρύτητα υπάρχουν και άλλες δυνάμεις, όπως οι ηλεκτρομαγνητικές, οι πυρηνικές κ.ά. Ποια είναι η φύση τους;

Με τη βοήθεια μιας παρομοίωσης θα αναγνωρίσουμε πρώτα τις δυνάμεις και ύστερα θα τις παραμερίσουμε ως περιττές. Φανταστείτε δύο παγοδρόμους που γλιστρούν ο ένας δίπλα στον άλλο. Αν αρχίσουν να ανταλλάσσουν μπάλες θα ξεμακραίνουν καθώς ο ένας θα ρίχνει τη δική του μπάλα και θα πιάνει την μπάλα του άλλου. Ένας μακρινός παρατηρητής που δεν διακρίνει τις μπάλες, εύκολα θα έκανε το λάθος να πιστέψει ότι οι δύο παγοδρόμοι απωθούνται μεταξύ τους. Θα κατέληγε στο συμπέρασμα ότι ανάμεσά τους υπάρχει κάποια δύναμη που τους απομακρύνει από τις ευθύγραμμες κινήσεις τους. Εμείς όμως ξέρουμε την αλήθεια. Ξέρουμε πως οι παγοδρόμοι ανταλλάσσουν μεταξύ τους πράγματα, τις μπάλες. Αν οι παγοδρόμοι αντί για μπάλες έρριχναν «μπούμεραγκ», ο μακρινός παρατηρητής θα έβλεπε τον έναν να πλησιάζει στον άλλο. Επειδή όμως δεν διακρίνει τα μπούμεραγκ, συμπεραίνει ότι ανάμεσά τους υπάρχει κάποια ελκτική δύναμη. Εμείς όμως ξέρουμε καλύτερα. Ξέρουμε πως δεν υπάρχει τέτοιο πράγμα, καμιά δύναμη, και πως το μόνο που υπάρχει είναι η *ανταλλαγή* πραγμάτων.

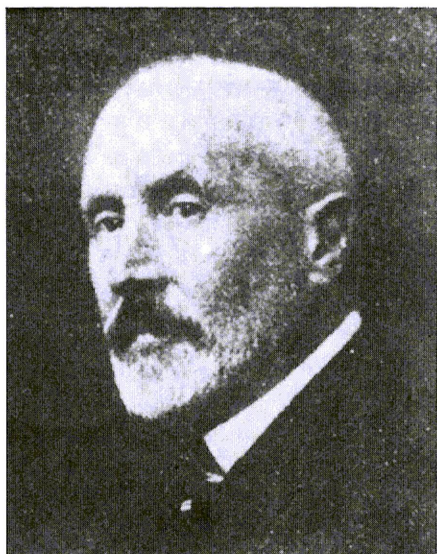
Όλες οι δυνάμεις που συγκρατούν τα άτομα μπορεί να θεωρηθεί ότι προκύπτουν από την *ανταλλαγή σωματιδίων*. Η «δύναμη» είναι μόνο η κωδική λέξη αυτής της συμπεριφοράς των σωματιδίων στην αρένα του χωρόχρονου. Ο χωρόχρονος με την καμπυλότητά του είναι η σκηνή· τα σωματίδια απλωμένα σαν κύματα ακολουθούν ευθύγραμμες τροχιές· αλλά από τα σωματίδια ξεκολλούν σωματίδια που κατά την (ευθύγραμμη) κίνη-

γραφική ονομασία)^{ΣΤ}. Η βαρυτική δύναμη εξαρτάται από την ανταλλαγή των βαρυτονίων (γκραβιτονίων). Στο παραπάνω άρθρο γίνεται λόγος για την υπερβαρύτητα και τα βαρυτίνα (γκραβιτίνα).



Η ηλεκτρομαγνητική δύναμη μπορεί να εξηγηθεί με την ανταλλαγή ενός φωτονίου μεταξύ δυο φορτισμένων σωματιδίων

σή τους συναντούν άλλα, στα οποία επιβάλλουν την κίνησή τους. Δύναμη είναι το όνομα αυτής της ανταλλαγής σωματιδίων και τίποτε περισσότερο.



«Τα πειράματά μας ξεπέρασαν σε ακρίβεια όλα τα προηγούμενα, αλλά σε κανένα δεν διαπιστώσαμε οποιαδήποτε απόκλιση από το νόμο της ισοδυναμίας βαρυτικής και αδρανειακής μάζας» — L. Eötvös.

*Lorand von Eötvös
(1848-1919)*

«Το ζήτημα της σταθερότητας τέτοιων αδιάστατων αριθμών είναι να καθοριστούν όχι εξ ορισμού αλλά από μετρήσεις» — R. Dicke



Robert Henry Dicke (1916 -)

Τρίτος προσανατολισμός

Είδαμε με ποιο τρόπο η Φύση καθορίζει το πεπρωμένο, η συμπεριφορά αποκαλύπτει τη Φύση και η απόλυτη ελευθερία γεννά τους αυτοπεριορισμούς της. Είδαμε ότι το φως και τα σωματίδια απλώνονται όπως τα κύματα. Τα κύματα κινούνται με πλήρη ελευθερία και εξαφανίζοντας τα ίχνη τους μας παραπλανούν, κάνουντάς μας να νομίζουμε ότι υπακούουν σε κανόνες και ότι έχουν διαφορετική φύση. Ο ιδιόμορφος ρόλος της βαρύτητας έστρεψε την προσοχή μας στη φύση του χώρου και του χρόνου και διαπιστώσαμε για μια ακόμη φορά ότι η απόλυτη ελευθερία εξηγεί την παρατηρούμενη συμπεριφορά μόλις ο χώρος συγχωνευτεί με το χρόνο, και ότι ο χωρόχρονος παραμορφώνεται έτσι ώστε οι ευθείες γραμμές να μη γίνονται αντιληπτές ως ευθείες. Μόλις εξηγηθεί η φύση των δυνάμεων ως *ανταλλαγή σωματιδίων*, ακόμη και οι φαινομενικά πολύπλοκες κινήσεις (όπως αυτές που γίνονται κάτω από την επίδραση δυνάμεων) αναδύονται από την απόλυτη ελευθερία. Είδαμε επίσης ότι η συγχώνευση του χρόνου με το χώρο γίνεται με τρόπο που εξασφαλίζει την απομόνωση του παρελθόντος από το παρόν, όχι όμως του παρόντος από το παρελθόν. Η πορεία μας μέσα στην αιωνιότητα, ή ότι υπάρχει απ' αυτήν, σε τελική ανάλυση είναι μια άποψη της γεωμετρίας.

Επειδή ο χωρόχρονος είναι τόσο σημαντικός, χρειάζεται να τον εξετάσουμε από πιο κοντά. Ειδικότερα, πρέπει να εξετάσουμε μια από τις προφανέστερες χαρακτηριστικές ιδιότητές του: τις διαστάσεις του. Στο επόμενο κεφάλαιο θα εξετάσουμε τη σχέση ανάμεσα στην ύπαρξη αφ' ενός των τριών διαστάσεων χώρου και της μιας του χρόνου, και αφ' ετέρου μιας συνείδησης ικανής να

τις αντιλαμβάνεται και να αντιδρά σ' αυτές. Έτσι φτάνουμε στην καρδιά του προβλήματος για τη φύση της ύλης και της ενέργειας και θα δούμε τελικά τι πρέπει να δημιουργήσει ένας άπειρα σκνηρός δημιουργός (ή, αν δεν ασχοληθεί με τη δημιουργία, τι είναι αυτό που θα εξακολουθήσει να υπάρχει).

4. Όπου τα πράγματα αλλάζουν

Ζούμε εκεί που υπάρχει πάνω και κάτω, δεξιά και αριστερά, εμπρός και πίσω. Είναι ολοφάνερο πως το Σύμπαν έχει τρεις διαστάσεις. Γιατί όμως; Γιατί να μην έχει δύο, τέσσερις ή ακόμη περισσότερες.

Με τη βοήθεια ερωτημάτων τόσο θεμελιωδών όσο τα προηγούμενα, μπορούμε ν' αρχίσουμε να κατανοούμε όχι μόνο τα φαινόμενα της Φύσης αλλά και τη διαδικασία της δημιουργίας. Ο χώρος που κατοικούμε είναι κάτι παραπάνω από μια θεατρική σκηνή που συμβαίνουν τα γεγονότα του κόσμου γιατί, όπως θα δούμε πιο

Βρισκόμαστε στο βασίλειο του αυτοπροσδιορισμού, σε ένα χώρο συναρπαστικό όσο και δαιδαλώδη. Η καλύτερη ίσως εικόνα αυτοπροσδιορισμού αναφορικά με τη λογοτεχνία, τη μουσική, την τέχνη και τα μαθηματικά, δίνεται στο θαυμάσιο βιβλίο του D. R. Hofstadter⁴⁸. Εκεί φαίνεται πόσο πνευματώδης μπορεί να είναι ο χωρόχρονος όταν τον εξετάζουμε με το πρίσμα του αυτοπροσδιορισμού.

Η δυσκολία να φανταστούμε χώρους όχι συνηθισμένων διαστάσεων δεν αποτελεί λόγο να μην τους θεωρήσουμε: τα Μαθηματικά μας επιτρέπουν τη μελέτη τους, πράγμα που δείχνει μια ασυνήθιστη πλευρά της δύναμης των Μαθηματικών ή μια πλευρά των δυνάμεων αυτοπροσδιορισμού τους. Τετραδιάστατα αντικείμενα μπορεί να παρασταθούν με τρεις διαστάσεις όπως άλλωστε τρισδιάστατα αντικείμενα απεικονίζονται με δισδιάστατες εικόνες. Ο Hofstadter στο παραπάνω βιβλίο κάνει λόγο για τη δημιουργία μιας οπτικής ψευδαίσθησης ενός τετραδιάστατου ανθρώπου⁴⁹.

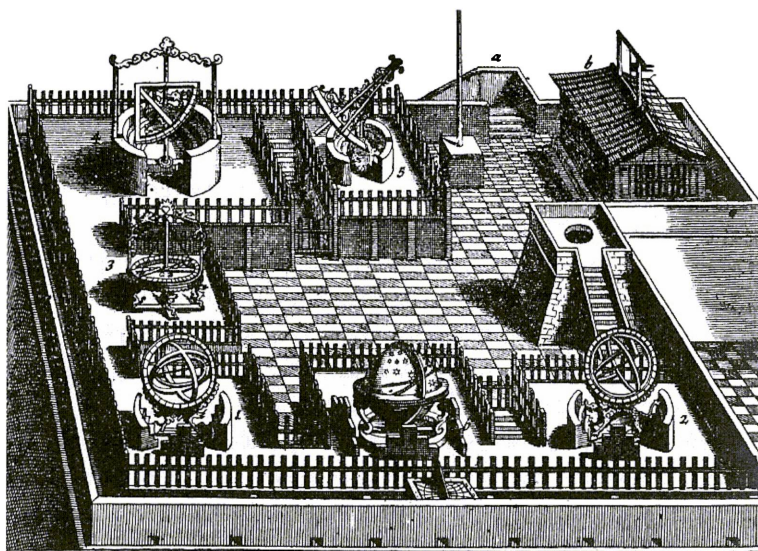
καθαρά παρακάτω, η ίδια η ύλη είναι χώρος και ως εκ τούτου η δημιουργία θα μπορούσε να εκληφθεί απλώς ως η κατασκευή του χώρου.

Ίσως νομίζετε πως η δημιουργία του χώρου είναι κάτι το πολύ απλό· οι πολυποίκιλες όμως ιδιότητες του αισθητού κόσμου, μας κάνουν να σκεφτούμε πως ο χώρος πρέπει να είναι κάτι το διαφορετικό από απλώς κενό. Θα προσπαθήσω να δικαιολογήσω την άποψη (και δεν θά 'θελα με κανέναν τρόπο να θεωρηθώ μυστικιστής), ότι ο χώρος από μόνος του είναι προικισμένος με αυτοσυνείδηση.

Έχετε αναρωτηθεί ποτέ γιατί στην καθημερινή σας εφημερίδα υπάρχει μόνο μια ημερομηνία; Με άλλα λόγια, γιατί ο χρόνος έχει μία μόνο διάσταση; Ή γιατί δεν είναι δισδιάστατος ή πολυδιάστατος; Άραγε θα διέφερε ριζικά η αντίληψή μας για το χρόνο αν είχε δύο διαστάσεις έτσι ώστε να κινούμαστε παράλληλα με τον δικό μας, σε κάποιον άλλο διαφορετικό χρόνο;

Η γεωμετρία του χώρου μας επιτρέπει να μετακινούμαστε από έναν τόπο σε κάποιον άλλο· όμως η γεωμετρία του χωρόχρονου απομονώνει το παρελθόν από το παρόν. Αδυνατούμε να προσπελάσουμε το παρελθόν· μήπως αυτό οφείλεται στο μονοδιάστατο του χρόνου; Όμως αν αληθεύει κάτι τέτοιο, τότε η αντίληψη των πραγμάτων αποτελεί χαρακτηριστική ιδιότητα της διάστασης.

Θα ερευνήσουμε τη φύση και τις συνέπειες του αριθμού των διαστάσεων (διαστασιακότητα) του χώρου και του χρόνου και θα αρχίσουμε εξετάζοντας τους τύπους των Συμπάντων που θα προέκυπταν αν η δημιουργία είχε γεννήσει χώρους με διαφορετικούς αριθμούς διαστάσεων. Κατόπιν θα δούμε πως είναι πολύ πιθανό η πράξη της δημιουργίας να μην μπορούσε να



Παρατηρητήριο του ουρανού στο Πεκίνο. Γκραβούρα από το «Ταξίδι στη Κίνα» του Le Conte το 1698.

δώσει παρά ένα μόνο Σύμπαν, το γνωστό μας Σύμπαν με τις τρεις διαστάσεις του χώρου και τη μία του χρόνου (ή μισή, αν θεωρήσουμε μόνο τη μία φορά του προς τα εμπρός). Οπωσδήποτε, η εξέταση και άλλων ενδεχόμενων Συμπάντων παρουσιάζει ορισμένα πλεονεκτήματα γιατί διαφωτίζει τα μοναδικά και ίσως απρόβλεπτα χαρακτηριστικά του δικού μας. Η έρευνα θα αποκαλύψει επίσης συναρπαστικές συνέπειες της διαστασιακότητας, όπως είναι οι επιπτώσεις της στη φύση της εξέλιξης και στην εμφάνιση της συνείδησης.

Με λίγα λόγια, θα υποστηρίξω ότι ένα Σύμπαν με τρεις διαστάσεις για το χώρο και μία για το χρόνο όχι μόνο μπορεί να επιβιώσει μετά τη δημιουργία του αλλά και είναι και το μόνο που θα μπορούσε να αποκτήσει αυτογνωσία.

Ας αρχίσουμε με την περίπτωση της αυτογνωσίας. Ενώ η συνείδηση αποτελεί ένα σαφές κριτήριο της βιωσιμότητας του Σύμπαντος, δεν υπάρχει καμιά αμφιβολία ότι είναι και μια από τις ιδιότητές του. Θα μπορούσαμε να δεχτούμε την άποψη ότι έχουμε απλώς επίγνωση της *υπάρχουσας* δημιουργίας και ότι κάπου αλλού υπάρχουν τελείως διαφορετικά Σύμπαντα που προήλθαν από άλλες πράξεις δημιουργίας. Στην περίπτωση αυτή θά 'πρεπε να ξέρουμε τις συνέπειες των σαφών διαφορών τους. Θα επισημάνω αυτές τις διαφορές και παράλληλα θα δείξω πως το δικό μας Σύμπαν είναι το απλούστερο και ενδεχομένως ο μόνος τύπος Σύμπαντος (από τη σκοπιά του ότι έχει τις σωστές διαστάσεις) που μπορεί να έχει επίγνωση των άλλων δυνατοτήτων (όπως και ο μόνος τύπος Σύμπαντος που μπορεί να έχει επίγνωση του εαυτού του). Στη συνέχεια θα δούμε πώς απορρίπτεται το ενδεχόμενο της ύπαρξης εναλλακτικών Συμπάντων. Στο σημείο αυτό θα δούμε ότι η υπεροχή για την

Ο εγκέφαλος αποτελεί ένα μη γραμμικό σύστημα μετάδοσης πληροφοριών. Η πληροφορία εισέρχεται από τη μια πλευρά (διαμέσου των αισθήσεων) και μεταδίδεται σε ένα είδος γενικευμένου δέκτη (διαμέσου μιας δράσης ή μιας δήλωσης). Μια εισερχόμενη πληροφορία για να δώσει στο δέκτη ένα διαφορετικό και πολυπλοκότερο σήμα, χρειάζεται ένα εξαιρετικά σύνθετο μη γραμμικό σύστημα μετάδοσης. Για παράδειγμα, αντίθετα με τον εγκέφαλο, ένα σύρμα από χαλκό, που μπορούμε επίσης να το θεωρήσουμε σαν μια γραμμή μετάδοσης πληροφοριών, είναι πολύ απλό για να μετατρέψει την εισερχόμενη πληροφορία σε προσωπική γνώμη.

Ένα μονοδιάστατο ον θα μπορούσε ίσως να διαθέτει ευφυΐα αν ανέπτυξε ένα σύστημα αλληλεπιδρώντων μη γραμμικών κυμάτων. Η μη γραμμικότητα θα προσέφερε την απαιτούμενη πολυπλοκότητα για μια ευφυΐα αλλά ένα μη γραμμικό συγκρότημα θα βρισκόταν έξω από ένα τέτοιο μονοδιάστατο Σύμπαν.

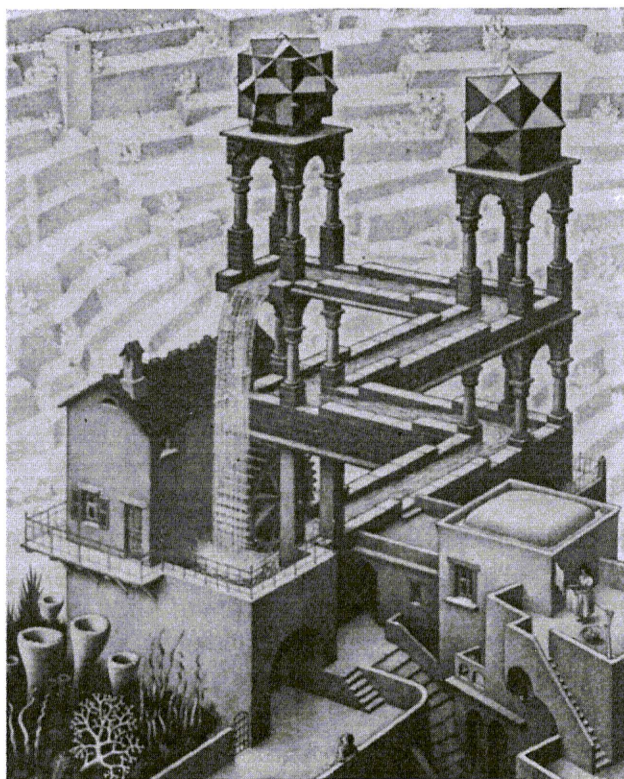
οποία υπερηφανεύεται ο άνθρωπος είναι κατ' ουσίαν υπεροχή που προκύπτει από τις σωστές διαστάσεις του.

Ας πάρουμε πρώτα το χώρο. Θα εξετάσουμε τη φύση των Συμπάντων με διαφορετικούς αριθμούς διαστάσεων χώρου ως προς το είδος της συνείδησης που θα μπορούσαν να αναπτύξουν. Αναμφίβολα, ένα συστατικό κάποιου Σύμπαντος που θα εξελισσόταν σε τέτοιο σημείο ώστε να εμφανίσει ιδιότητες όπως η αντίληψη, η αφομοίωση, η μάθηση ή η επικοινωνία, πρέπει να είναι πολύπλοκο. Η συνείδηση είναι απλώς πολυπλοκότητα. Η ύπαρξη ενός όντος σημαίνει ότι μπορεί να οργανώνει αποκρίσεις σε ερεθίσματα και να δημιουργεί τάξη από την παντοδυναμία του χάους. Θα αναπτύξουμε το ζήτημα παίρνοντας ως δεδομένο ότι η πολυπλοκότητα της δομής είναι το θεμέλιο της ενσυνείδητης ύπαρξης.

Ένα Σύμπαν χωρίς καμία διάσταση είναι ένα σημείο χωρίς κανένα χαρακτηριστικό. Σαν τέτοιο δεν διαθέτει αυτογνωσία. Η απουσία της ύπαρξης οφείλεται στην έλλειψη διαστάσεων.

Ένα μονοδιάστατο Σύμπαν είναι μια γραμμή χωρίς πλάτος. Τα όντα που θα κατοικούσαν σε ένα τέτοιο Σύμπαν θά 'πρεπε να μοιάζουν με άπειρα λεπτές βελόνες, αναπαυμένες πάνω στη μονοδιάστατη γραμμή. Εδώ δεν υπάρχει πάνω και κάτω ούτε εκατέρωθεν, μόνο εμπρός και πίσω. Οι βελόνες δεν μπορούν να προσπεράσουν, αλλά μπορούν να συγχωνευτούν με τις γειτονικές τους, χάνοντας όμως την ταυτότητά τους. Η εξέλιξή τους εξαρτάται από την ενσωμάτωση αυτού που θα τύχαινε να βρεθεί σε κάποια από τις άκρες τους. Επειδή η δημιουργία γεννά μόνο απλά πράγματα, ό,τι και να συναντούσαν οι βελόνες θα ήταν άβιο και ποτέ δεν θα προέκυπτε μια πολύπλοκη οργανική δομή. Ίσως θα ήταν δυνατό να αναπτυχθεί μια μορφή επικοινωνίας

Η ζωή σε κόσμους διαφορετικών διαστάσεων έχει εξεταστεί από πολλούς⁵⁰. Ο εξαιρετικός πλούτος ενός κόσμου με δύο διαστάσεις δίνεται παραστατικά σε ένα άρθρο του M. Gardner⁵⁰, βασισμένο σε ένα βιβλιαράκι του A.K. Dewdney που το χαρακτηρίζει ως «97 σέλιδο επίτευγμα στη δισδιάστατη επιστήμη και τεχνολογία». Το άρθρο και το βιβλίο εξετάζουν την επιστήμη, την τεχνολογία, τη χημεία, τον καιρό, τις καλές τέχνες και τον τρόπο ζωής σ' ένα επίπεδο Σύμπαν.



Ο «καταράκτης» του M.C. Escher είναι ένα παράδειγμα από τον χώρο της τέχνης του πώς μια «λογική» δισδιάστατη εικόνα είναι παράδοξη στο τρισδιάστατο χώρο.

γιατί κάθε βελόνα θα μπορούσε να σπρώξει τη διπλανή της και αυτή τη γειτονική της. Με τον καιρό, αυτά τα σπρωξίματα θα μπορούσαν να γίνουν πολύπλοκα κύματα πίεσης που θα διαδίδονταν εμπρός και πίσω, κατά μήκος αυτού του γραμμικού Σύμπαντος. Εντούτοις, αυτά τα κύματα δεν θά 'ταν «συνείδηση», όπως οι ατομικές ταλαντώσεις δεν είναι «λαμπρές ιδέες». Εξαιτίας της φτωχής διασύνδεσης των συστατικών δεν υπάρχουν ευκαιρίες να αναπτυχθεί μια ικανότητα για μάθηση και οι βελόνες θα είχαν την πιο υποτυπώδη αντίληψη του μονοδιάστατου κόσμου τους.

Αντίθετα, ένας δισδιάστατος κόσμος θα ήταν άπειρα πλουσιότερος. Για παράδειγμα, θα μπορούσατε να αποφύγετε τους γείτονές σας. Θα μπορούσατε να αποκτήσετε νέους γείτονες για να ζωντανέψετε την αναπαραγωγή και να κυνηγήσετε για να ικανοποιήσετε το στομάχι σας. Θα μπορούσατε επίσης να παρακάμψετε εμπόδια αντί να μπλοκαριστείτε από το πρώτο που θα συναντούσατε. Τέλος, θα μπορούσατε να διατηρήσετε την πολυπλοκότητά σας (εις βάρος του περιβάλλοντός σας), επιλέγοντας την τροφή σας και να την αναπτύξετε περισσότερο (εις βάρος των ανταγωνιστών σας), βρίσκοντας συντρόφους με τους οποίους θα συνεργαστείτε για την εξελικτική διαδικασία.

Οπωσδήποτε θα υπήρχαν αρκετές δυσκολίες. Μία κωμική δυσκολία έχει σχέση με τη λήψη τροφής. Αν η ενσωμάτωση υλικών του εξωτερικού κόσμου γινόταν με τη βοήθεια ενός εντέρου που από τη μία του άκρη θα έμπαινε τροφή, και από την άλλη θα έφευγαν τα απορρίματα, ενώ το υπόλοιπο θα εκτελούσε την πέψη, εξαιτίας του δισδιάστατου κόσμου σας θα συναντούσατε σοβαρά υπαρξιακά προβλήματα. Ένα δισδιάστατο ον με ένα έντερο έχει δύο επιλογές: είτε θα έχει ταυτότητα

Αυτά που λέμε για το έντερο αποτελούν ανάπτυξη μιας ιδέας του Whitrow⁵¹. Σε άρθρο του Dewdney για επίπεδο Σύμπαν⁵⁰ εξετάζονται παρόμοια θέματα βιολογικών πλεονεκτημάτων (ή μειονεκτημάτων σε ορισμένες περιπτώσεις), όπως η δυσκολία μιας πτώσης ή η ευκολία του κουρέματος του γρασιδιού.

Η πολυπλοκότητα ενός δισδιάστατου εγκεφάλου⁵² έχει αποτελέσει το αντικείμενο συζητήσεων⁵⁰ σχετικά με το αν τα νεύρα μπορούν να λειτουργήσουν στην περίπτωση που διασταυρώνονται, οπότε ο εγκέφαλος θα λειτουργούσε απλώς βραδύτερα. Ο Whitrow, υποστηρικτής αυτής της ιδέας στηρίζεται σε πρακτικά επιχειρήματα ενώ η αντίθετη άποψη είναι κατ' αρχήν σωστή. Αξίζει να τονίσουμε ότι ενώ ο ανθρώπινος εγκέφαλος διαθέτει περίπου 10^{11} νευρώνες, ο αριθμός των νευρικών συνάψεων είναι πολύ μεγαλύτερος, περίπου 10^{14} . Οι αριθμοί αυτοί δίνουν ένα μέτρο της πολυπλοκότητάς του.

είτε πέψη. Ένας τρόπος για να παρακάμψετε αυτό το δίλημμα θα ήταν ίσως να γευματίζετε σε συνεργασία, οπότε κάθε σύντροφος θα προσέφερε τη μία άκρη του εντέρου. Ένας άλλος τρόπος είναι το έντερο να σχηματίζει θύλακα και η αποβολή των απορριμάτων να γινόταν από το ίδιο άκρο που θα γινόταν και η λήψη της τροφής. Τέτοια ζητήματα, όσο αστεία και αν είναι, άπτονται των κοινωνικών συμβάσεων στις συναναστροφές και δεν αποτελούν προβλήματα σχετικά με τη φύση του κόσμου. Εντούτοις δείχνουν ότι οι διαστάσεις έχουν επιπτώσεις στους εθιμοτυπικούς κανόνες!

Πολύ περισσότερο σχετική με το θέμα μας είναι η παρατήρηση ότι στον δισδιάστατο κόσμο δεν θα μπορούσε να αναφανεί η λεπτεπίλεπτη συνείδηση. Ένας πρώτος λόγος γι' αυτό είναι ότι δεν θα υπήρχε χρόνος για να εμφανιστεί η συνείδηση ως αποτέλεσμα της εξέλιξης. Ένας δεύτερος λόγος είναι ότι αν εμφανιζόταν θα ήταν ανόητη. Τέλος, ένας τρίτος λόγος είναι ότι θα αντιλαμβανόταν πολύ αμυδρά το περιβάλλον της και θα περιοριζόταν σε ενδοσκόπηση γιατί θα είχε συγκεχυμένη επικοινωνία με τις άλλες.

Εδώ, θεωρούμε δεδομένο πως η συνείδηση εξαρτάται από την πολυπλοκότητα, από την ύπαρξη ενός δικτύου αλληλοσυνδεόμενων κυττάρων που έχουν εξαιρετικά πολύπλοκη κατασκευή ώστε να σχηματίσουν έναν εγκέφαλο. Στον δισδιάστατο κόσμο εμφανίζεται αμέσως ένα σημαντικό πρόβλημα. Ενώ τα συνδετικά στοιχεία μπορούν να βρίσκονται το ένα δίπλα στο άλλο και να παρακάμπτουν εμπόδια, δεν μπορούν να διασταυρώνονται επειδή δεν υπάρχει πάνω ή κάτω. Κατά συνέπεια, για να φτάσει στον προορισμό της μια νευρική ίνα πρέπει να διανύσει μεγάλες αποστάσεις ανάμεσα στα διάφορα εμπόδια. Μάλιστα, είναι πιθανό μερικές

Το ελάχιστο μέγεθος ενός ανθρώπινου δισδιάστατου εγκεφάλου υπολογίζεται περίπου στα 36 τετραγωνικά μέτρα. Σ' αυτή την επιφάνεια μπορούν να αναπτυχθούν οι 10^{11} νευρώνες που υπάρχουν στον εγκεφαλος του ανθρώπου, σε χώρο που καταλαμβάνει μια σφαίρα ακτίνας περίπου πέντε εκατοστομέτρων. Οπωσδήποτε, αυτή η εικόνα είναι απλώς μια «επιπέδωση» του εγκεφάλου που θα μπορούσε να γίνει π.χ. μ' ένα σφυρί. Η ανασύνθεση του νευρικού δικτύου του εγκεφάλου σε επίπεδο δύο διαστάσεων χωρίς διασταυρώσεις θα οδηγούσε σε μια δομή τεράστιας έκτασης και η πόλη για την οποία μιλάμε, στην περίπτωση του εγκεφάλου ενός σκύλου, αποτελεί έναν δείκτη μεγέθους.

Να θυμηθούμε ότι ένας νευρώνας έχει συσσωρεύσει ένα σήμα με καθορισμένη τιμή το οποίο αποτελείται από πολλά σήματα αναστολής και διέγερσης που φτάνουν στις συνάψεις (σελ. 58): ο εγκεφαλος είναι μια διάταξη που λειτουργεί τόσο στο χρόνο όσο και στο χώρο.

από τις θέσεις να περιβάλλονται ήδη από άλλα κύτταρα ή τις απολήξεις τους και έτσι να είναι απρόσιτες, οπότε ελαττώνονται οι ευκαιρίες για την αύξηση της πολυπλοκότητας του εγκεφάλου.

Υπάρχουν επίσης πολλές δυσάρεστες συνέπειες. Εν πρώτοις, οι δισδιάστατοι εγκέφαλοι πρέπει να έχουν τεράστια έκταση. Τα κύτταρά τους αντί να συνδέονται με ίνες μήκους λίγων εκατοστωμέτρων, όπως γίνεται στον δικό μας εγκέφαλο, για να συγκροτήσουν ένα δίκτυο με ικανοποιητική πολυπλοκότητα πρέπει να συνδέονται με ίνες που να διανύουν ελικοειδείς δρόμους μήκους αρκετών χιλιομέτρων. Ο δισδιάστατος εγκέφαλος ενός σκύλου θα έπρεπε να έχει την έκταση μιας πόλης.

Όμως η έκταση έχει τα δικά της προβλήματα. Η λειτουργία του εγκεφάλου δεν εξαρτάται μόνο από τη διευθέτηση των συνδέσεων στο χώρο αλλά και από τη χρονική ρύθμιση των σημάτων. Μολονότι στο χώρο θα ήταν δυνατό να εξελιχθούν πολύπλοκα δίκτυα, δεν θα κατάφερναν να επιβιώσουν αν δεν προσφερόταν μια ακόμη πιο μεγάλη πολυπλοκότητα με τη μορφή θέσεων παραμονής και αποθήκευσης, στις οποίες θα ρυθμίζονταν οι χρόνοι άφιξης των παλμών.

Οι εγκέφαλοι πρέπει να συντηρούνται και να αποστραγγίζονται. Κάθε δισδιάστατο εγκεφαλικό κύτταρο πρέπει με κάποιο τρόπο να τροφοδοτείται με καύσιμα και τα άχρηστα υλικά να απομακρύνονται ύστερα από την πρόσληψη της πολύτιμης ενέργειας. Συνεπώς, όπως ακριβώς οι νευρικές ίνες είναι υποχρεωμένες να προχωρούν χωρίς διασταυρώσεις, έτσι και από ολόκληρη τη δομή πρέπει να διέρχεται ένα δίκτυο γραμμών τροφοδοσίας και αποχέτευσης που η καθεμιά τους δεν μπορεί ούτε να διασταυρωθεί ούτε να προχωρήσει κάτω από

Όσα λέμε εδώ σχετικά με τη συντήρηση είναι μια σύντομη υπόμνηση του δευτέρου κεφαλαίου, όπου είδαμε ότι οι μηχανισμοί της ζωής εξαρτώνται από την κινητήρια δύναμη που προσφέρουν οι αλληλοσυνδεόμενες χημικές αντιδράσεις και από την ανάγκη για τη λήψη τροφής. Κάθε βήμα κατά τη λειτουργία του εγκεφάλου είναι μια χημική αντίδραση η οποία πραγματοποιείται κάθε φορά που προκαλείται. Μόλις όμως γίνει αυτή η αντίδραση, πρέπει να επακολουθήσει μια άλλη που θα αποκαταστήσει τα πράγματα. Αλλά και αυτή με τη σειρά της θα ακολουθηθεί από μια νέα, οπότε επιστρέφουμε στην ανάγκη για τη λήψη τροφής, δηλαδή, σε τελευταία ανάλυση, στην ανάγκη για την απόκτηση ενέργειας από το ηλιακό φως. Από την άλλη μεριά, ένας δισδιάστατος ηλεκτρονικός εγκεφαλος (που τον φαντάζομαι σαν τεχνολογικό προϊόν ενός βιολογικά προοδευμένου πολιτισμού σε κάποιον εύλογο χρόνο) θα μπορούσε να τροφοδοτείται απευθείας με ακτινοβολία. Όταν κατορθωθεί κάτι τέτοιο, δεν φαίνεται να υπάρχει κανένας ιδιαίτερος λόγος (δεδομένου ότι οι νευρώνες μπορούν να «στριμωχτούν» αρκετά σε δύο διαστάσεις) που θα απέκλειε τη συρρίκνωση ενός δισδιάστατου ανθρώπινου εγκεφάλου Νο2 στα 36 τ.μ. και του ηλεκτρονικού εγκεφάλου Νο 2 του σκύλου στα 15 τ.μ.

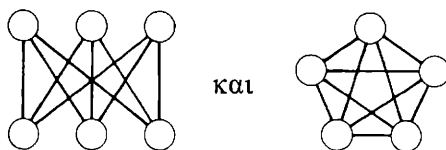
Τα δίκτυα που δεν είναι δυνατό να κατασκευαστούν χωρίς διασταύρωση είναι όσα περιλαμβάνουν τις διατάξεις⁵³:

μιαν άλλη.

Το πρόβλημα θα μπορούσε να επιλυθεί με τη χρησιμοποίηση του χρόνου. Σε ορισμένα στρατηγικά σημεία θα μπορούσε να υπάρχουν σταθμοί καθαρισμού και ανεφοδιασμού όπου τα κύτταρα θα είχαν τη δυνατότητα να σταθμεύουν και να ανεφοδιάζονται. Αυτό όμως θα ζημίωνε σοβαρά ολόκληρη τη δομή γιατί τα κύτταρα θα διέθεταν ελάχιστο χρόνο να «σκεφτούν» πριν διολισθηθούν ανάμεσα στα γειτονικά τους, όπως συμβαίνει με τα πρόβατα ενός συνωστισμένου κοπαδιού που τα πάνε σε κατάλληλους τόπους για να επανακτήσουν τη ζωτικότητά τους.

Το μεγάλο μέγεθος παρεμποδίζει επίσης την αναπαραγωγή και καθυστερεί την εξέλιξη. Σε τόσο μεγάλα διαστάσιμα πλάσματα η εξέλιξη θα έμοιαζε μάλλον με μια «ξυπαρχής» γιγαντιαία ανάπτυξη και πολεοδομική ανακαίνιση. Θα αναπτυσσόταν μια εξαιρετικά αργή μορφή αναπαραγωγής γιατί η μετακίνηση θα ήταν υπερβολικά δύσκολη. Επιπλέον, για να αποφεύγονται οι τοχαίες συνδέσεις μεταξύ των κυττάρων και για να υπάρξει η πιθανότητα να προκύψει έστω και ένα πλάσμα με μέτριες ανταγωνιστικές ικανότητες ανάμεσα στο πλήθος των φυτοζωούντων, το «εγκεφαλικό» του δίκτυο θα έπρεπε να είναι προσεκτικά προδιαγραμμένο. Αυτές οι λεπτομερείς προδιαγραφές πρέπει να τις μεταφέρουν *γονίδια* όμως και αυτά είναι δισδιάστατα, με συνέπεια να μεταφέρουν μόνο μικρό ποσό πληροφοριών. Όχι μόνο είναι απίθανο να εμφανιστεί μια οργανωμένη πολυπλοκότητα αλλά και αν εμφανιζόταν θα αποτελούσε η ίδια την αιτία της αποσύνθεσής της: η ράτσα θα ήταν βλακώδης και ασταθής και η ευφυΐα λανθάνουσα.

Αν, παρ' όλα αυτά, κατάφερνε να εξελιχθεί ένας διαστάσιματος εγκέφαλος, θα του έλειπαν οι λογικές ικα-



Φυσικά, αυτά τα δίκτυα μπορούν να λειτουργήσουν όταν οι συνδέσεις ανάμεσα στους νευρώνες γίνονται με ακτινοβολία· σύντομα όμως θα διαπιστώσουμε ότι υπάρχουν προβλήματα επειδή η ακτινοβολία μπορεί να ακολουθήσει διασταυρούμενες διαδρομές.

Στο άρθρο που αναφέραμε^{34, Θ} υπάρχει λεπτομερής ανάλυση των νευρικών συνδέσεων που σχετίζονται με τις βραγχιακές συσπάσεις του σαλιγκαριού Απλυσία. Το νευρικό κύκλωμα για το ανακλαστικό ανάκλησης των βραγχίων υπάρχει στην σελ. 67 του παραπάνω άρθρου. Όταν χρειάζεται τέτοια πολυπλοκότητα για μια απλή ανάκληση βραγχίων, μπορείτε να φανταστείτε αυτήν που χρειάζεται για να πάρει κανείς πίσω το λόγο που έδωσε.

νότητες που έχουν τα πλάσματα των κόσμων με περισσότερες διαστάσεις. Κι αυτό γιατί είναι αδύνατο να αναπαραχθεί ένα τρισδιάστατο δίκτυο σε δισδιάστατο και να γίνει το ακατόρθωτο, δηλαδή χωρίς να διασταυρωθούν οι γραμμές συνδέσεων. Στον κόσμο των τριών διαστάσεων οι συνειδητές πράξεις ακόμη και στο απλούστερο επίπεδο (όπως είναι η ανάκληση ενός βραγχίου) φαίνεται να απαιτούν νευρικά δίκτυα που είναι αδύνατο να σχηματιστούν στον δισδιάστατο κόσμο χωρίς πολυάριθμες, αναπόφευκτες αλλά διαστασιακά απαγορευμένες και συνεπώς αδύνατες διασυνδέσεις.

Όλες οι παραπάνω δυσκολίες εξαφανίζονται μόλις στραφούμε στους τρισδιάστατους εγκεφάλους. Τώρα, μίσα σε αρκετά μικρό όγκο μπορούμε να έχουμε ένα ελμμετικά πολύπλοκο δίκτυο διασυνδέσεων. Τώρα τα κεφάλια δεν χρειάζεται να 'ναι τόσο βαριά κι έτσι δεν συσχεραίνουν ούτε το κυνήγι ούτε την αναπαραγωγή. Ούτε υπάρχει πια κανένας περιορισμός στην πολυπλοκότητα του λογικού δικτύου που μπορεί πλέον να εξελίσσεται. Δεν χρειάζονται πια μεγάλες ποσότητες ενέργειας με τη μορφή τροφής ούτε η απομάκρυνση των αντιστοιχα μεγάλων ποσοτήτων από άχρηστα υπόλοιπα. Η οργάνωση μιας σειράς σημάτων επιτυγχάνεται πολύ ευκολότερα όταν τα σήματα μεταβιβάζονται σχεδόν ακαριαία. Τώρα ολόκληρη η εγκεφαλική μάζα μπορεί να διατεθεί στην ανάπτυξη «διακοπών» και να μη απαιτηληθεί σε «καλώδια».

Θα μπορούσαμε να συμπεράνουμε ότι οι τετραδιάστατοι εγκέφαλοι θα ήταν «υπερσυμπαγείς» και «υπερλαμπροί». Πραγματικά θα μπορούσε να συμβαίνει κάτι τέτοιο, αλλά με το πέρασμα από τις τρεις στις τέσσερις διαστάσεις δεν προστίθενται καινούργια λογικά δίκτυα.

Όμως η λαμπρότητα του τετραδιάστατου εγκεφάλου

Οι εγγενείς διαφορές κατά τη διάδοση κυμάτων σε χώρους με άρτιο και περιττό αριθμό διαστάσεων συνοψίζονται ως εξής³⁴: Στους χώρους με περιττό αριθμό διαστάσεων οι κυματικές διαταραχές διαδίδονται ακτινικά με τη μορφή συγκεκριμένων διαταραχών ελαττούμενου πλάτους αλλά με σαφή άκρα: δεν υπάρχει προειδοποίηση για τον ερχομό τους ούτε μένει κανένα ίχνος μετά την απομάκρυνσή τους. Στους χώρους με άρτιο αριθμό διαστάσεων το διαδιδόμενο κύμα διατηρεί το σαφές μέτωπό του, οπότε και πάλι δεν έχουμε καμιά προειδοποίηση για την έλευσή του. Όταν όμως απομακρύνεται, αφήνει ένα ίχνος και η διαταραχή συνεχίζεται και μετά τη διέλευση της κορυφής.

Νομίζω πως αξίζει τον κόπο να επαναλάβουμε την άποψη ότι ενώ είναι νοητή η δημιουργία ανόργανων τεχνητών εγκεφάλων (που να κατασκευάζονται όπως οι υπολογιστές) με συνδέσεις είτε από παθη-

πάλι χαμένη γιατί αντιλαμβάνεται πολύ αμυδρά τον εξωτερικό κόσμο.

Οι περισσότερες επικοινωνίες γίνονται με τη βοήθεια κυμάτων. Υπάρχουν τα ηχητικά κύματα και ολόκληρο το φάσμα των ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων που χρησιμοποιούνται στη ραδιοφωνία, την τηλεόραση, τις επικοινωνίες και την αστρονομία. Μια εντυπωσιακή ιδιότητα των κυμάτων είναι ότι συμπεριφέρονται τελείως διαφορετικά σε χώρους με άρτιο (2, 4, 6 ...) ή περιττό αριθμό διαστάσεων (όπως ο δικός μας με τρεις διαστάσεις). Στα Σύμπαντα με περιττή διαστασιακότητα τα κύματα διαδίδονται χωρίς παραμόρφωση ενώ στους χώρους με άρτια διαστασιακότητα γίνονται ασαφή. Έτσι ενώ εμείς μπορούμε να ακούμε καθαρά ένα «μπαμ» γιατί το βραχύ ξεκάθαρο ηχητικό κύμα προχωρεί χωρίς να απλώνει, ένας δισδιάστατος ακροατής θα άκουγε ένα συγκεχυμένο μικρόσυρτο «μπα...α...α...μ». Ενώ λοιπόν ο τετραδιάστατος εγκέφαλος θα μπορούσε να είναι «υπερταχύς» και «υπερλογικός», θα είχε νεφελώδη αντίληψη για τον εξωτερικό κόσμο από τον οποίο δε θα έπαιρνε καμιά πληροφορία εξαιτίας της παρεμβολής του χώρου. Τα όντα αυτού του κόσμου θα ήταν από τη φύση τους κονιόφθαλμα και βαρήκοα και το καθένα θα περιοριζόταν στην ενδοσκόπηση απασχολημένο μόνο με τον εαυτό του.

Οι πενταδιάστατοι εγκέφαλοι θα ήταν «υπερσυμπαγείς», θα αλληλεπιδρούσαν με τους άλλους και θα παρατηρούσαν το Σύμπαν με ασύγκριτη διαύγεια, δεν θα μπορούσαν όμως να εξελιχθούν. Αυτό το διαπιστώνουμε αν εξετάσουμε μιαν άλλη ιδιότητα της ύπαρξης.

Θα υποθέσουμε ότι για να υπάρξει μια συνείδηση χρειάζεται ζεστασιά, σταθερούς τόπους χωρίς μεγάλες κλιματολογικές και άλλες περιβαλλοντικές διακυμάν-

τικούς αγωγούς (σύρματα, δίαυλοι, πάντως όχι νεύρα) είτε με τη μορφή ακτινοβολίας, εντούτοις είναι απίθανο να προκύψουν από βιολογικές εξελικτικές διαδικασίες, μολονότι η κατασκευή τους από ένα βιολογικό σύστημα (π.χ. από τον άνθρωπο), θα μπορούσε να θεωρηθεί ως γενικευμένη μορφή εξέλιξης. Στην περίπτωση που δεν επιβάλλεται εξωτερικό εμπόδιο από κάποιον σχεδιαστή, η πολυπλοκότητα πρέπει να συσσωρεύεται κατά στάδια γιατί τα βιολογικά συστήματα αποτελούν σχεδόν εξ ορισμού στάδια αποκτημένης πολυπλοκότητας. Σε προχωρημένο στάδιο αυτής της διαδικασίας, σαν αυτό στο οποίο τώρα αρχίζουμε να εισχωρούμε, είναι πιθανή η απόρριψη του ως τώρα απαραίτητου βιολογικού πλαισίου με την κατασκευή ορισμένων τεχνητών μελών, όπως π.χ. ενός εγκεφάλου ο οποίος να μη διαθέτει υποχρεωτικά πόδια, δόντια ή έντερα που δίνει η συμβατική βιολογία.

Να θυμηθούμε τα σχετικά με την ποιότητα της ενέργειας (σελ. 52) και τη σειρά αξιολόγησης του Dyson^{20, E}. Το φως είναι ενέργεια υψηλής ποιότητας (μικρή τιμή εντροπίας) ενώ η θερμότητα είναι ενέργεια χαμηλής ποιότητας (μεγάλη τιμή εντροπίας).

σεις και άφθονο χρόνο. Η Γη, δεν είναι ίσως παράδεισος, είναι όμως ένα τυπικό παράδειγμα αυτού του τύπου.

Ενώ για να αναπτυχθεί η συνείδηση είναι απαραίτητη προϋπόθεση να υπάρχουν πλανήτες, εντούτοις η απλή παρουσία τους δεν επαρκεί. Ο πλανήτης χρειάζεται να παίρνει μίαν ήπια θερμότητα για να διατηρεί ένα ζεστό και ρευστό περιβάλλον. Αυτή η ρευστότητα είναι απαραίτητη για να αποκτήσουν τα μόρια αρκετή ευκινησία ώστε να εξερευνήσουν τους εξελικτικούς δρόμους. Η ήπια θερμότητα θα ήταν δυνατό να προέρχεται από το εσωτερικό του πλανήτη και μπορούμε να φανταστούμε τη ζωή να εξελίσσεται στην επιφάνεια ενός ζεστού ουράνιου σώματος. Όμως η θερμότητα μόνη της δεν επαρκεί. Η ζωή, σύμφωνα με όσα προαναφέραμε στο δεύτερο κεφάλαιο, απαιτεί ποιότητα. Δεν ωφελεί να ξεκινήσουμε με τη θερμότητα, μια υποβαθμισμένη μορφή ενέργειας, και να περιμένουμε ότι κάποτε θα οδηγήσει την εξέλιξη στην πολυπλοκότητα. Πρέπει να ξεκινήσουμε με ενέργεια υψηλής ποιότητας κι ύστερα να ζήσουμε με τη διασπορά της. Μ' άλλα λόγια, η ζωή *χρειάζεται φως*.

Ένας πλανήτης τόσο θερμός ώστε ν' αποτελεί πηγή φωτός και συνεπώς δυναμική πηγή ζωής, δεν θα διέφερε από ένα τεράστιο κρεματόριο. Κανένα μεγαλομόριο (για να μη μιλήσουμε για συσσωματώματα μορίων που θα αποτελούσαν ένα σώμα) δεν θα μπορούσε να επιβιώσει. Φυσικά, θα ήταν δυνατό να κατασκευαστούν τοπικές πηγές φωτός σε κάποιο ψυχρό πλανήτη, αλλά αυτό είναι αποτέλεσμα νοημοσύνης, και επομένως συνέπεια της ζωής και όχι κίνητρό της. Αν εξαιρέσουμε τις νησίδες πολιτισμού, το φως σε κάποιο πλανήτη πρέπει να έρχεται απ' έξω. Έτσι οι πλανήτες για να αναπτύξουν ζωή *χρειάζονται ήλιους*.

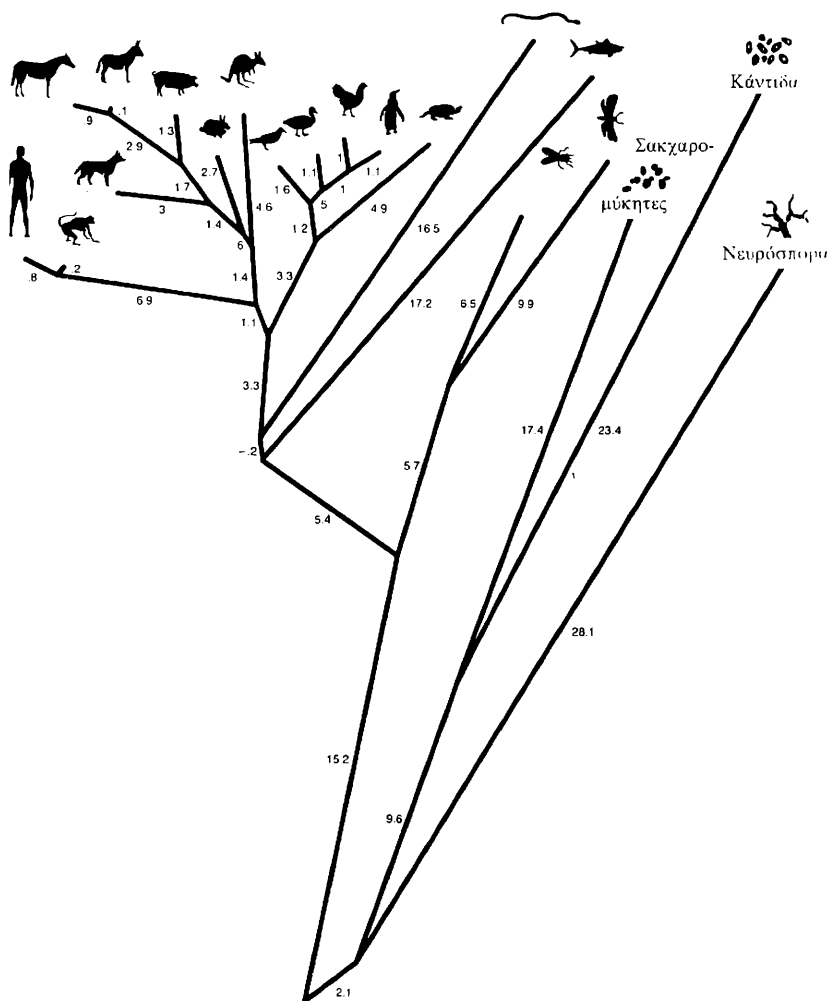
Η ηλικία της Γης είναι περίπου $4,61 \times 10^9$ χρόνια. Η ζωή άρχισε εδώ και $3,5 \times 10^9$ χρόνια^{1, 2}. Έτσι, μέχρι να εμφανιστούν οι πρώτοι μικροοργανισμοί χρειάστηκαν περίπου ένα δισεκατομμύριο χρόνια. Οι πρώτοι πολυκυτταρικοί οργανισμοί σχηματίστηκαν πριν από $0,6 \times 10^9$ (εξακόσια εκατομμύρια) χρόνια. Τα θηλαστικά εμφανίστηκαν πριν από 200 εκατομμύρια χρόνια (προσέξτε την επιτάχυνση των εξελικτικών βημάτων). Οι ανθρωποειδείς πίθηκοι εξελίχθηκαν σε πιθηκανθρώπους πριν από δύο εκατομμύρια χρόνια περίπου και το είδος μας (*Homo Sapiens*) εμφανίστηκε πριν εκατό χιλιάδες χρόνια. Σε τελευταία ανάλυση, αυτό που χρειαστήκαμε για να φανερωθούμε ήταν πέντε εκατομμύρια χρόνια ζεστασίας.

Σε τρεις διαστάσεις, μια μικρή διαταραχή επιτρέπει τη διατήρηση της κυκλικής τροχιάς εφόσον η κρούση δεν είναι αρκετά ισχυρή⁵⁵. Σε χώρους με περισσότερες διαστάσεις, ο πλανήτης θα πέσει στο ελκτικό κέντρο ή θα απομακρυνθεί στο άπειρο. Στους πολυδιάστατους χώρους δεν υπάρχουν κινήσεις παρόμοιες με την ελλειπτική του τρισδιάστατου χώρου και όλες οι τροχιές είναι σπειροειδείς. Ο P. Ehrenfest επισημαίνει ένα ακόμα ενδιαφέρον χαρακτηριστικό του τρισδιάστατου χώρου: ο αριθμός των δυνατών περιστροφικών κινήσεων ισούται με τον αριθμό των δυνατών μεταβατικών κινήσεων (τρεις για κάθε περίπτωση). Σε δισδιάστατους χώρους υπάρχει ένας μόνο τρόπος περιστροφής (όπως αυτός του δίσκου γραμμοφώνου) αλλά δύο μεταβατικές κινήσεις (κατά μήκος των αξόνων x και y). Σε τετραδιάστατους χώρους υπάρχουν έξι τρόποι περιστροφής και τέσσερις μετάβασης.

Ένας πλανήτης για να είναι κατάλληλος για την εμφάνιση της ζωής πρέπει να κινείται γύρω από τον κεντρικό ήλιο του χωρίς να τον πλησιάζει πολύ, ώστε οι εμφανιζόμενες ζωικές μορφές να μην ψηθούν, αλλά ούτε και να απομακρύνονται πολύ, ώστε να μην παγώσουν. Η περιφορά του πλανήτη δεν πρέπει να είναι ανώμαλη για να μπορέσουν τα λεπτεπίλεπτα μόρια να συνδυαστούν σε εύθραυστα και μόνιμα πολύπλοκα συγκροτήματα που θα δώσουν τη δυνατότητα για την ανάπτυξη ζωής. Αυτές οι ήπιες συνθήκες, και συνεπώς οι ευσταθείς τροχιές, πρέπει να διατηρούνται για αιώνες. Η εύρεση λοιπόν κριτηρίων για την εμφάνιση της συνείδησης ανάγεται στη εύρεση κριτηρίων για την ευστάθεια των πλανητικών τροχιών.

Θα υποστηρίξω τώρα ότι η συνείδηση είναι τρισδιάστατη. Η άποψη αυτή στηρίζεται στο γεγονός ότι μόνο στον τρισδιάστατο χώρο υπάρχουν ευσταθείς πλανητικές τροχιές και συνεπώς υπάρχει χρόνος και ευκαιρίες για τη συγκρότηση κάποιας λεπτής πολυπλοκότητας σε βαθμό που να αντιδρά στο περιβάλλον της με την αβρότητα που εμείς την αισθανόμαστε ως συνείδηση.

Σε Σύμπαντα με δύο όπως και με τέσσερις ή περισσότερες διαστάσεις ακόμη και οι ελάχιστες διαταραχές μπορούν να εκτρέψουν εύκολα τους πλανήτες από τις τροχιές τους. Ένας κομήτης που περνά κοντά από έναν πλανήτη μπορεί να τον στείλει να ψηθεί κοντά στον ήλιο του ή να τον εξαποστείλει να παγώσει στο κρύο Λιάστημα. Όμως η Γη και οι όμοιοί της πλανήτες που κινούνται γύρω από τους ήλιους τους αντιδρούν στο πέραςμα κομητών και άλλων πλανητών ή στο πλησίασμα άλλων ουράνιων αντικειμένων, και έτσι επιβιώνουν. Η ελευθερία κίνησης που επιτρέπουν οι τρεις διαστάσεις του δικού μας χώρου είναι αρκετή, όχι πολύ



Φυλογονία είκοσι διαφορετικών οργανισμών με βάση τις διαφορές στη σειρά αμινοξέων της πρωτεΐνης κυτόχρωμα c καθενός από αυτά τα είδη. Οι αριθμοί στους κλάδους εκφράζουν τις ελάχιστες αντικαταστάσεις των βάσεων στο DNA των γονιδίων οι οποίες δίνουν τις παρατηρούμενες διαφορές στις σειρές των αμινοξέων.

μεγάλη, ώστε να τους επιτρέπει να ρυθμίζουν με λεπτότητα τις τροχιές τους και να αποφεύγουν την καταστροφή. Εφόσον οι καταστροφές αποφεύγονται, υπάρχουν οι ευκαιρίες να εμφανιστούν όντα και στη συνέχεια αυτοανάπτυξη μέχρι τη στιγμή βέβαια που από μια ατυχή συγκυρία είναι πιθανό οι ευκαιρίες αυτές να σπαταληθούν εξαιτίας του παραλογισμού ασήμαντων τοπικών πολέμων.

Η συνείδηση είναι μια ιδιότητα που έχουν ασήμαντες μικρές «κουκίδες» επάνω στις ζεστές επιφάνειες ήρεμων πλανητών. Στον πλανήτη μας, ως τον αιώνα που διανύουμε, η συνείδηση έχει πάρει τη μορφή του ανθρώπου. Τώρα, εδώ (και σε κοσμική κλίμακα ίσως άλλοτε κάπου αλλού) οι κουκίδες συγχωνεύονται με την ανάπτυξη της επικοινωνίας σε μια παγκόσμια εννιαία συνείδηση που κάποια στιγμή ίσως απλωθεί στο Γαλαξία ή ακόμη μακρύτερα. Αν η δημιουργία έδινε ένα Σύμπαν με διαστάσεις χώρου περισσότερες ή λιγότερες από τρεις, δεν θα υπήρχε καμιά πιθανότητα οι συντονισμένες κινήσεις των ατόμων να εξελιχθούν κάποτε σε νοημοσύνη.

Φυσικά, αυτός ο συλλογισμός θα μπορούσε να διατυπωθεί και διαφορετικά. Η διαστασιακότητα δίνει στο Σύμπαν την ευκαιρία να αναπτύξει συνείδηση· η συνείδηση δεν είναι ο λόγος ύπαρξης μιας συγκεκριμένης διαστασιακότητας. Ο άνθρωπος, και τα ανάλογά του κάπου αλλού, είναι απλώς ελέφαντες με μια τάση υπεροψίας. Είμαστε κομματάκια του Σύμπαντος, ελέφαντες που ανέμελοι κι ελεύθεροι περιπλανιούνται τόσο στο χώρο της νόησης όσο και στον πραγματικό χώρο. Σαν εξεζητημένες πολυσύνθετες εκδηλώσεις του φυσικού κόσμου και τίποτε παραπάνω, δεν είμαστε περισσότερο απαραίτητοι για την ύπαρξή του από μια πνοή ανέμου.

Πρέπει να διακρίνουμε τα άλλα Σύμπαντα από εκείνα που επικαλούνται μερικοί για να δώσουν το πλαίσιο ερμηνείας της κβαντομηχανικής^{56, 18}. Αυτές οι άκομψες ερμηνείες (και δεν αναφέρομαι στο βιβλίο του Davies) δέχονται ότι κάθε πράξη παρατήρησης διασπά το Σύμπαν σε ελάχιστα διαφορετικά αντίγραφα του. Δεν μπορώ να καταλάβω πώς προωθούνται σοβαρά τέτοιες κοσμικά σπάταλες ιδέες, κι όμως αυτό γίνεται.

Όπως θα μπορούσε να υπάρξει ένα Σύμπαν χωρίς ελαφρό μελτεμάκι, έτσι θα μπορούσε να υπάρξει και χωρίς την ιδιότητα της συνείδησης.

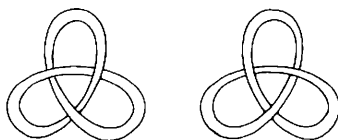
Αυτό μας οδηγεί στο ακόλουθο ερώτημα: Αν ένα Σύμπαν «σκοντάψει» στη δική του δημιουργία, θα εμφανιστεί αναγκαστικά με τρεις διαστάσεις; Αν ναι, πρέπει νά 'χει την ικανότητα να ξέρει τι κάνει (παρά το γεγονός ότι εκτός από τη διαστασιακότητά του υπάρχουν και άλλοι παράγοντες που ίσως θα τροποποιούσαν — θα μπορούσαμε να πούμε θα παρέβλαπταν — την εξελικτική του πορεία έτσι ώστε αν μη εμφανιστεί ο δικός μας τύπος συνείδησης). Αν δεν υιοθετήσει αναγκαστικά τρεις διαστάσεις, θα σκορπίσει κάπου αλλού χωρίς συνείδηση αλλά πάντως σε υπαρκτά Σύμπαντα. Μήπως είμαστε το μοναδικό Σύμπαν επειδή όλα τα υπόλοιπα είναι νεκρά εξαιτίας της ακατάλληλης διαστασιακότητάς τους; Ή μήπως σε άλλους τόπους και σε άλλους χρόνους υπάρχουν άλλα τρισδιάστατα Σύμπαντα δυναμικά κατοικούμενα από άλλες συνειδήσεις;

Σήμερα είναι λογικά βέβαιο πως στο δικό μας Σύμπαν πρέπει να υπάρχουν και άλλα νοήμονα όντα γιατί οι γνώσεις που αποκτήσαμε σχετικά με τον σχηματισμό των άστρων μας οδηγούν στο συμπέρασμα ότι η ύπαρξη πλανητών γύρω από τα άστρα αποτελεί συνηθισμένο φαινόμενο. Είναι τόσο απίθανο να μην υπάρχουν άλλα νοήμονα όντα ώστε να μην αξίζει καν τον κόπο να το συζητήσουμε περισσότερο. Αυτό που έχει σημασία εδώ είναι το ίδιο πρόβλημα αλλά διευρυμένο σε κοσμικές διαστάσεις: άραγε, ξέρουμε αρκετά για τον τρόπο που σχηματίζονται τα Σύμπαντα ώστε να είμαστε σίγουροι πως έξω από το δικό μας υπάρχουν άλλα είδη νοημοσύνης; Ή είμαστε υπερκοσμικά μόνοι;

Για ποιο λόγο όταν γεννιέται ένα Σύμπαν παίρνει

Ακόμη και σε τρεις διαστάσεις τα λογοπαίγνια για τους κόμπους είναι σχεδόν αναπόφευκτα.

Ο μαθηματικός κόμπος απεικονίζεται σαν ένα πλεγμένο κομμάτι σπάγκου με κολλημένες τις άκρες του έτσι ώστε να μην μπορεί να λυθεί^{57, 58}. Σε τρεις διαστάσεις υπάρχουν δύο βασικοί τύποι κόμπων που διακρίνονται ο ένας από τον άλλον:



Στην κβαντική θεωρία οι δομές με δύο συνιστώσες έχουν εξαιρετική σημασία.

τρεις διαστάσεις ή λιγότερες ή περισσότερες; Απορρίπτουμε τους λόγους σκοπιμότητας γιατί τους θεωρούμε περιττούς. Συνεπώς, η αιτία πρέπει να βρίσκεται στην καταλληλότητά του για επιβίωση. Είμαστε λοιπόν υποχρεωμένοι να ρωτήσουμε: τι είναι αυτό που επιβιώνει όταν οι διαστάσεις είναι τρεις, ενώ δεν επιβιώνει σε διαφορετικό αριθμό διαστάσεων; Πρέπει να αναζητήσουμε τους λόγους που εξασφαλίζουν την επιβίωση του Σύμπαντος μετά τη γέννησή του και να τους συσχετίσουμε με τη διαστασιακότητά του.

Ο κόμπος είναι ένα απλό παράδειγμα ενός πράγματος που μπορεί να επιβιώνει σε τρεις διαστάσεις αλλά όχι σε άλλες. Σε δύο διαστάσεις δεν μπορείτε να δέσετε έναν κόμπο γιατί δεν επιτρέπονται οι από πάνω ή από κάτω διασταυρώσεις (αυτό όμως δεν αποκλείει το ενδεχόμενο τα δισδιάστατα όντα να «φοράνε» μάλλινα ρούχα). Σε τέσσερις διαστάσεις μπορείτε να κάνετε περίπλοκα μεπερδέματα που όμως δεν είναι κόμποι γιατί λύνονται με απλό τράβηγμα. Σε τρεις όμως διαστάσεις μπορείτε να κάνετε πραγματικούς κόμπους. Σε τρεις διαστάσεις οι κόμποι διατηρούνται, κάτι που είναι αδύνατο σε τέσσερις.

Η διατήρηση των τρισδιάστατων κόμπων μοιάζει τόσο πολύ με τη διατήρηση των σωματιδίων ώστε μας υποβάλλει την ιδέα ότι τα σωματίδια δεν είναι παρά *κόμποι στο χωρόχρονο*. Τα διάφορα είδη σωματιδίων είναι όπως τα διάφορα είδη πτυχώσεων του χωρόχρονου που διατηρούνται στο χρόνο γιατί οι τρεις διαστάσεις του χώρου αναιρούν τη δυνατότητα να λυθούν εύκολα. Η σταθερότητα και η διατήρηση της ταυτότητας των σωματιδίων απλουστεύεται και ανάγεται σε ζήτημα διαστασιακότητας: οι *τρεις* διαστάσεις του χώρου είναι ο ελάχιστος αριθμός που εξασφαλίζει την ύπαρξη και ο

Η θεωρία για την ευστάθεια των κόμπων σχετίζεται με τη μελέτη των σολιτονίων^{39, 1Γ} η οποία, χρησιμοποιώντας την τοπολογία* του χώρου, δίνει επίσης μια περιγραφή της ευστάθειας πραγμάτων όπως τα στοιχειώδη σωματίδια.

* Η θεωρία των κόμπων αποτελεί μέρος της τοπολογίας, δηλαδή του κλάδου της γεωμετρίας που εξετάζει τις ιδιότητες του χώρου οι οποίες παραμένουν αναλλοίωτες όταν ο χώρος παραμορφώνεται. Μια τοπολογική αναλλοίωτη είναι π.χ. η ιδιότητα του κύκλου να χωρίζει το επίπεδο σε δύο περιοχές· αν ο κύκλος μετασχηματιστεί σε έλλειψη, αυτή η ιδιότητα διατηρείται. Η τοπολογία δεν ενδιαφέρεται για ιδιότητες όπως το μέγεθος ή το σχήμα αλλά για τη συνέχεια (Σ.τ.μ.).

Εδώ βρισκόμαστε μπροστά σε καθαρές εικασίες και μάλιστα τόσο αόριστες, ώστε δεν μπορούμε πια να μιλάμε για επιστήμη. Νομίζω όμως πως η ιδέα των κόμπων που είναι ενσωματωμένοι στο χώρο και συνιστούν παραμορφώσεις του, όπως και η ιδέα της τοπικής δημιουργίας άλλων κόμπων που μετακινούνται ωςότου βρεθούν κοντά σε κάποιον άλλον ο οποίος ακολούθως ενεργεί σαν κεραία και αποκρίνεται στο πέρασμά του, έχει εντυπωσιακές ομοιότητες με τις γνωστές δυνάμεις και τις αλληλεπιδράσεις τους, πράγμα που μας οδηγεί να αποδεχτούμε την αλήθεια αυτής της ιδέας. Η εικόνα δεν διαφέρει από την τοπολογική ερμηνεία της ηλεκτρομαγνητικής αλληλεπίδρασης^{8, 42}. Σ' αυτή την ερμηνεία ο χώρος θεωρείται γεμάτος «σκουληγκότρυπες» (wormholes) με είσοδο από ένα σημείο και έξοδο από κάποιο άλλο. Οι ηλεκτροδυναμικές γραμμές περνούν μέσα από την τρύπα. Ο παρατηρητής τις βλέπει να καταλήγουν σε ένα σημείο (που το ονομάζει φορτίο με κάποιο πρόσημο) και να αναδύονται από κάποιο άλλο (που το ονομάζει φορτίο με αντίθετο πρόσημο ή απλώς αντίθετο φορτίο). Οι άλλοι τύποι δυνάμεων θα μπορούσε να θεωρηθούν ως διαφορετικές τοπολογικές παραμορφώσεις του χωρόχρονου.

μέγιστος που χρειάζεται για τη διατήρηση. Σύμφωνα με διαφορετικό αριθμό διαστάσεων όχι μόνο δεν θα είχαν απλώς την ιδιότητα της συνείδησης, που σε τελευταία ανάλυση είναι ένα αδιάφορο αλλά απολαυστικό περιστατικό, αλλά ούτε καν ύλη.

Νομίζω πως τώρα αρχίζουμε να βλέπουμε την πηγή των δυνάμεων. Ένας «κόμπος από χωρόχρονο», δηλαδή ένα σωματίδιο, είναι ενσωματωμένος μέσα στο χωρόχρονο και το στρίψιμό του προκαλεί τοπική στρέβλωση στο άμεσο περιβάλλον. Αυτή η στρέβλωση με τη σειρά της προκαλεί άλλη και έτσι η παραμόρφωση διαδίδεται σε απόσταση. Η βαρύτητα, ή η παραμόρφωση που ονομάζουμε βαρύτητα, είναι συνέπεια της ενσωμάτωσης στο χωρόχρονο των δικών του κόμπων. Όσο μεγαλύτερη είναι η μάζα ενός αντικειμένου τόσο μεγαλύτερος είναι και ο βαθμός πολυπλοκότητας των κόμπων και τόσο μεγαλύτερη η εμβέλεια επιρροής τους. Οι κόμποι διαφορετικού είδους αναπτύσσουν διάφορα είδη πολυπλοκότητας στον γειτονικό χώρο και αυτοί οι λίγοι κόμποι διαδίδονται και αλληλεπιδρούν με παρόμοιους κόμπους που θα συναντήσουν στο δρόμο τους. Οι δυνάμεις αρχίζουν να εμφανίζονται.

Ωστόσο, η ύπαρξη των σωματιδίων και η διατήρηση της ταυτότητάς τους δεν αποτελούν σοβαρότερο λόγο ύπαρξης των τριών διαστάσεων από την ύπαρξη των ελλειψάνων ή της συνείδησης. Εφόσον αδυνατούμε να βρούμε κάποιον άλλο λόγο για την εμφάνιση ενός τρισδιάστατου Σύμπαντος, είμαστε υποχρεωμένοι να εξετάσουμε το ενδεχόμενο να υπάρχουν *άμορφα Σύμπαντα*. Ως τώρα, μόνο η προκατάληψη μας εμποδίζει να αποδεχτούμε την ύπαρξή τους. Πιστεύω πως το ζήτημα πρέπει να εξεταστεί βαθύτερα.

Είναι γνωστό ότι η βαρύτητα έχει ιδιότητες που

Έγιναν προσπάθειες να εφαρμοστούν οι εξισώσεις της Γενικής Θεωρίας της Σχετικότητας σε χωρόχρονους με διάφορους αριθμούς διαστάσεων⁶¹. Στον δισδιάστατο χωρόχρονο μπορεί να υπάρχει καμπυλότητα χωρίς ύλη (πράγμα που συνεπάγεται αλθαίρετη καμπυλότητα), ενώ στον τρισδιάστατο ο χώρος πρέπει να είναι επίπεδος, γεγονός που οδηγεί στη μη βαρυτική αλληλεπίδραση της ύλης.

Το ηλεκτρομαγνητικό πεδίο περιγράφεται με τις εξισώσεις του Maxwell που αποτέλεσαν το πρώτο βήμα για την ενοποίηση των δυνάμεων γιατί έδειξαν τη βαθιά σχέση του ηλεκτρισμού με το μαγνητισμό. Ήδη έχει μελετηθεί η μοναδικότητα των εξισώσεων του Maxwell σχετικά με τη διαστασιακότητα του χωρόχρονου⁶². Αρκετές εργασίες επιβεβαιώνουν το πλεονέκτημα των τεσσάρων διαστάσεων. Για παράδειγμα, οι εξισώσεις του Maxwell έχουν μια συμμετρία που αποκαλύπτεται μόνο στον τετραδιάστατο χωρόχρονο. Επίσης μόνο σε τέσσερις διαστάσεις μπορεί να εκτελεστεί ένα συγκεκριμένο πείραμα πάνω στο ηλεκτρομαγνητικό πεδίο που θα μπορούσε να εκτελεστεί και στο βαρυτικό πεδίο. Οι έρευνες⁶² στηρίζονται σε μια παρατήρηση του Einstein: «οι βαρυτικές εξισώσεις στον κενό χώρο καθορίζουν το πεδίο τους με την ίδια ακρίβεια όπως και οι εξισώσεις του Maxwell». Αποδείχτηκε ότι αυτή η παρατήρηση ισχύει μόνο για τέσσερις διαστάσεις. Η σπουδαιότητά της έγκειται στο ότι ο ηλεκτρομαγνητισμός και η βαρύτητα θα ήταν δυνατό να συνυπάρξουν σε μια ενοποιημένη θεωρία μόνο σε χωρόχρονο με τέσσερις διαστάσεις.

αντινακλούν τον αριθμό των διαστάσεων. Αν λόγου χάρη ο χωρόχρονος είχε μόνο μία διάσταση χώρου (και μία για το χρόνο) δεν θα υπήρχε ύλη και ο χώρος θα μπορούσε να πάρει καμπυλότητες με τυχαία μεγέθη. Εξάλλου, αν ο χώρος είχε δύο διαστάσεις, η ύλη θα μπορούσε να υπάρχει αλλά ο χώρος θα ήταν αναγκαστικά επίπεδος και η αλληλεπίδραση των αντικειμένων θα ήταν σχεδόν αδύνατη. Όμως σε ένα τρισδιάστατο χώρο όπως ο δικός μας, η ύλη όχι μόνο μπορεί να υπάρχει αλλά και να μεταφέρει την επίδρασή της τόσο στο άμεσο όσο και στο μακρινό περιβάλλον της. Η ύπαρξη των τριών διατάσεων επιτρέπει στα μέρη του Σύμπαντος να συνιέσσονται σε μία ενότητα. Σε λιγότερες από τρεις διαστάσεις, τα μέρη είτε δεν θά 'παιρναν μορφή είτε θα έμεναν για πάντα εντελώς απομονωμένα.

Σ' ένα Σύμπαν χαρακτηριζόμενο από εγγενή απλότητα αλλά πλούσιο σε ιδιότητες πρέπει να υπάρχουν δυνάμεις. Εντούτοις, μια καθολική δύναμη όπως η βαρύτητα πρέπει να συμβιβάζεται όχι μόνο με την επίσης καθολική ηλεκτρομαγνητική αλλά και με όλους τους άλλους τύπους δυνάμεων που δένουν τα πράγματα σε ελέφαντες. Σε διαφορετική από τη δική μας διαστασιακότητα του χωρόχρονου, αυτές οι δυνάμεις φαίνεται πως δεν συμβιβάζονται μεταξύ τους. Μόνο σε χωρόχρονο με τη δική μας διαστασιακότητα (τρεις χωρικές και μία χρονική διάσταση), οι δυνάμεις είναι συμβιβαστές με την παρουσία της ύλης.

Επίσης, δεν είναι τυχαία η διαστασιακότητα του χρόνου. Αν ο χρόνος είχε περισσότερες από μία διαστάσεις θα μπορούσατε να γυρίζετε σ' αυτόν όπως γυρίζετε στο χώρο. Όμως ο χρόνος έχει μόνο μία διάσταση, οπότε το μόνο που σας μένει είναι να καταδιώκετε το μέλλον. Με τη δομή του δικού μας χωρόχρονου διασφαλίζεται

Ἦδη ἔχει μελετηθεῖ ὁ ρόλος τοῦ δισδιάστατου χρόνου καὶ ἡ διατήρηση τῆς ἐνέργειας⁶³.

ὅτι οι συνέπειες των τωρινών μας πράξεων βρίσκονται στο μέλλον· αυτό δεν θα μπορούσε να συμβεί αν ο χρόνος ήταν διαστασιακά πλουσιότερος. Οι εφημερίδες με δύο ημερομηνίες δεν θα αναφέρονταν υποχρεωτικά στο παρελθόν.

() θάνατος της αιτιότητας, δηλαδή η αποσύνδεση των αιτίων από τα αποτελέσματά τους με την κατάργηση της προτεραιότητας των αιτίων, θα είχε επιπτώσεις πολύ σοβαρότερες από μια τέλεια σύγχυση. Θα επέφερε το θάνατο των όντων. Όπως θα σας εξηγήσω, οι εφημερίδες με δύο ημερομηνίες καθώς και οι αναγνώστες τους και τα άτομα των αναγνωστών τους δεν θα είχαν καθόλου μονιμότητα. Το να έχουν στη διάθεσή τους τόσο πολύ χρόνο, επειδή ο χρόνος έχει τώρα περισσότερες από μία διαστάσεις, είναι, όσον αφορά τη μονιμότητα, το ίδιο επικίνδυνο με το να έχουν ελάχιστο χρόνο.

() πάρα πολύς χρόνος επιτρέπει πάρα πολλή ελευθερία για την παράκαμψη ενός ειδικού τύπου εμποδίου στο δρόμο της αλλαγής. Ειδικότερα, επιτρέπει την ελεύθερη παράκαμψη περιορισμών που επιβάλλονται από τη διατήρηση της ενέργειας. Αυτό οδηγεί σε μια αλυσίδα αναίρεστων συνεπειών. Η διατήρηση της ενέργειας συνειπάζεται τη διατήρηση της ύλης· αν λοιπόν δεν διατηρείται η ενέργεια, δεν θα διατηρείται ούτε η ύλη. Επιπλέον, η διατήρηση της ύλης δεν είναι τίποτε άλλο από τη διατήρηση των πτυχώσεων και των κόμπων του χωρόχρονου, οπότε η κατάργηση της διατήρησης της ενέργειας οδηγεί στην κατάργηση της δομής του χωρόχρονου. Η διατήρηση της ενέργειας σταθεροποιεί το χωρόχρονο εμποδίζοντάς τον να καταρρεύσει. Όταν όμως ο χρόνος έχει μία ακόμα διάσταση, ο παραπάνω περιορισμός παύει να ισχύει και η κατάργησή του καταργεί την ύλη. Αν ο χρόνος είχε περισσότερες από

Η ακτίνα του Σύμπαντος στην περίπτωση ενός χωρόχρονου με μετρική υπογραφή $(+, +, +, -)$ μπορεί να αρχίσει από το μηδέν, να φτάσει τη μέγιστη τιμή της κάποια μελλοντική εποχή και κατόπιν να μηδενιστεί. Στην περίπτωση ενός χωρόχρονου $(+, +, +, +)^*$, η ακτίνα του Σύμπαντος είτε πλησιάζει σε μια ελάχιστη μη μηδενική τιμή είτε απομακρύνεται απ' αυτήν. Δεν υπάρχει χρονική στιγμή για την οποία η ακτίνα του Σύμπαντος είναι μηδέν και συνεπώς δεν υπάρχει η μεγάλη έκρηξη (*Big Bang*).⁶⁴

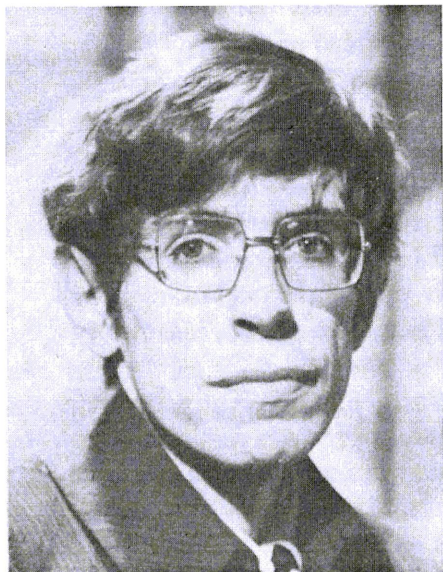
* Αυτός ο τετραδιάστατος χωρόχρονος ονομάζεται «επίπεδος» ή «μη καμπύλος» χωρόχρονος του Minkowski, ενώ ο χωρόχρονος με τη μετρική υπογραφή $(+, +, +, -)$ αναφέρεται ως ψευδοευκλείδειος (Σ.τ.μ.).

μία διαστάσεις, το Σύμπαν θα εξαφανιζόταν σαν αστραπή. Ένα σύμπαν παραπροικισμένο με «χρόνο» δεν μπορεί να επιβιώσει πέρα από τη στιγμή που δημιουργήθηκε.

Γιατί λοιπόν υπάρχει χρόνος; Ο χρόνος δεν βρίσκεται εδώ για χάρη της δικής μας διανοητικότητας· εμείς απλώς εκμεταλλευόμαστε το πέρασμά του προσβλέποντας αναπόφευκτα στο μέλλον. Ποιά αιτία δημιούργησε το χρόνο; Γιατί το Σύμπαν γεννήθηκε μαζί με το χρόνο και όχι απλώς ως χώρος έξω από το χρόνο, έξω από την αιωνιότητα;

Τώρα αρχίζει να φαίνεται μια απάντηση από την ακόλουθη συλλογιστική: Αν ο χρόνος απουσίαζε από το χωρόχρονο και ο χώρος ήταν πραγματικά τετραδιάστατος έχοντας στη γεωμετρία του τον όρο $+(ct)^2$ αντί το $-(ct)^2$, τότε η πορεία σε οποιαδήποτε διεύθυνση κατά μήκος αυτής της τέταρτης διάστασης δεν θα οδηγούσε ποτέ το Σύμπαν στην ταύτισή του με ένα σημείο. Με το δικό μας μονοδιάστατο χρόνο μπορούμε να παρακολουθήσουμε ολόκληρο το Σύμπαν ως τη στιγμή που ήταν ένα μοναδικό σημείο, τότε που ξεκίνησε, ενώ στην περίπτωση του «χωροειδούς» χρόνου η ιστορία του Σύμπαντος δεν θα είχε ποτέ μια συγκεκριμένη αρχή. Χωρίς χρόνο, με την έννοια που του δίνουμε, δεν υπάρχει αρχή. Από την ύπαρξη κάποιας αρχής υπό την έννοια ότι σε κάποιο σημείο του χωρόχρονου δημιουργήθηκε ένα «σημειακό» Σύμπαν, θα προκύψει αναγκαστικά μια γεωμετρία προικισμένη με την ιδιότητα του χρόνου.

Σε ποιο σημείο βρισκόμαστε; Είδαμε ότι η σκηνή όπου συμβαίνουν όλα τα γεγονότα είναι ο χωρόχρονος, δηλαδή ο χώρος και ο χρόνος συγχωνευμένοι αλλά διακριτοί μέσα από μια ειδική γεωμετρία. Οι τοπικές



«Το γεγονός ότι παρατηρήσαμε την ισοτροπία του Σύμπαντος είναι απλώς συνέπεια της ύπαρξής μας» — S. Hawking.

Stephen Hawking (1942 -)

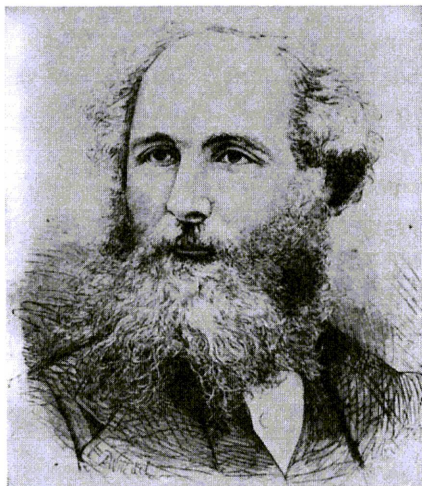
«Σε συνήθεις περιπτώσεις η γενική θεωρία της Σχετικότητας παραμένει μακριά σχεδόν απομονωμένη — από την υπόλοιπη Φυσική. Στη περίπτωση όμως μιας χωροχρονικής ανωμαλίας συμβαίνει ακριβώς το αντίθετο» — R. Penrose.

Roger Penrose (1931 -)



παραμορφώσεις του χωρόχρονου, δηλαδή οι κόμποι του, είναι τα θεμελιώδη σωματίδια και οι θεμελιώδεις δυνάμεις του Σύμπαντος που διατηρούνται λόγω της κατάλληλης διαστασιακότητας του χωρόχρονου και της ιδιομορφίας της γεωμετρίας του. Αυτή η ειδική γεωμετρία επιτρέπει την ευστάθεια και εμποδίζει την άμεση εξαφάνιση ενός νεοεμφανιζόμενου Σύμπαντος. Είδαμε ότι η ύπαρξη του χρόνου είναι αναγκαστικό συνεπακόλουθο της δημιουργίας και φέρνει μαζί του σαν δώρο τις διακρίσεις της αιτιότητας. Η αιτιότητα καθιστά το Σύμπαν δυναμικά κατανοήσιμο και συνεπικουρούμενη από τις ιδιότητες των τριών διαστάσεων του χώρου το οδηγεί σε σημείο που να είναι πραγματικά κατανοητό.

Οι ιδιότητες του χωρόχρονου, ιδιαίτερα όσες του εξασφαλίζουν τη δομική του ευστάθεια, επιτρέπουν επίσης την εξέλιξή του ως το σημείο να αναπτύξει κάποτε και το φαινόμενο της συνείδησης. Αυτή η συνείδηση σήμερα είναι ενσωματωμένη μέσα μας και είναι τόσο πλούσια ώστε να είναι σε θέση να μετατρέπει απλά πράγματα σε έργα τέχνης και να απλοποιεί, με τη βοήθεια της επιστήμης, τα πολύπλοκα.



James Clerk Maxwell
(1831-1879)



George Gamov
(1904 -1969)

Τέταρτος προσανατολισμός

Είδαμε ότι η ύλη και η ενέργεια είναι χωρόχρονος και ότι η διαστασιακότητα του Σύμπαντος είναι τέτοια ώστε να επιτρέπει στην ύλη όχι μόνο να υπάρχει αλλά και να διατηρείται. Το αργό και αλληλένδετο ξετύλιγμα του αρχικού δημιουργήματος το οποίο υποστηρίξαμε πως πρέπει να θεωρείται φυσική, αυτόματη και χωρίς σκοπό κατάρρευση σε διασκορπισμένη και χαοτική ομοιομορφία, οδηγεί σε εφήμερα επιτελέσματα όπως είναι η συνείδηση και η συγκομιδή, οι προθέσεις και τα βάζα, τα κίνητρα και οι μηχανές, ή οι πεποιθήσεις και η διανόηση. Αυτά δηλαδή που βιώνουμε σαν υπάρξεις εμείς που επίσης αποτελούμε ένα μέρος των εκδηλώσεων του Σύμπαντος. Είδαμε ότι κατά την πράξη της δημιουργίας ήταν απαραίτητο να κατασκευαστεί χώρος και χρόνος· κατόπιν, με τη γνώριμη διαστασιακότητά του, ο χωρόχρονος μπόρεσε να παρουσιάσει τον πλούτο των ιδιοτήτων που αντιλαμβανόμαστε ως ύλη, ενέργεια και δυνάμεις, και να αποτελέσει τη σκηνή για την πραγματώση συμβάντων τόσο λεπτών ώστε κάπου τα πράγματα να αποκτήσουν αυτογνωσία. Από βαθύτερη σκοπιά, ο ίδιος ο χωρόχρονος διαθέτει αυτοσυνείδηση.

Η εμφάνιση του χώρου και του χρόνου είναι το κεντρικό γεγονός της δημιουργίας. Γι' αυτό το λόγο θα εξετάσουμε τώρα το πρόβλημα που αφορά τις διαδικασίες οι οποίες τα πραγματοποίησαν. Πρώτα θα σκεφτούμε κάτι που θα μπορούσε να γίνει «κατόπιν εντολής» και που τώρα το αναγνωρίζουμε ως χωρόχρονο. Ύστερα θα δούμε πώς θα ήταν δυνατό να αφήσουμε το χέρι βοήθειας ενός άπειρα σκνηρού δημιουργού και να παραιτηθεί και από την ελάχιστη συνδρομή. Η ανάγκη του δημιουργού θα ξεθωριάζει και όσο ξεμακραίνει η συμ-

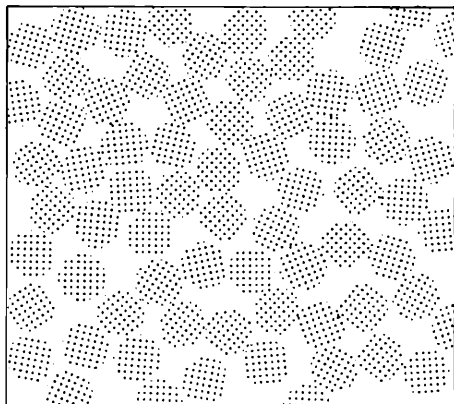
μετοχή του τόσο το Σύμπαν θα αποκτά υπόσταση χωρίς
εξωτερική παρέμβαση, από το απόλυτο τίποτα.

5.

Δημιουργώντας πράγματα

Ας πάμε λοιπόν πίσω στην εποχή πριν από τη στιγμή της δημιουργίας, τότε που δεν υπήρχε χρόνος, εκεί που δεν υπήρχε χώρος. Από αυτό το τίποτα προέκυψε χωρόχρονος και μαζί του κάποια πράγματα. Την κατάλληλη στιγμή ήρθε και η συνείδηση και το αρχικά ανύπαρκτο Σύμπαν απέκτησε επίγνωση της ύπαρξής του.

Τώρα, στην εποχή πριν από το χρόνο, υπάρχει έοχστη απλότητα. Στην πραγματικότητα δεν υπάρχει τίποτα· αλλά ο νους χρειάζεται ένα στήριγμα για να μπορέσει να συλλάβει τη φύση αυτού του τίποτε. Αυτό



Η ιδέα μιας προγεωμετρίας, μιας σκόνης από άμορφα σημεία, οφείλεται στον Wheeler⁶⁴. Αντί για τη φράση «σκόνη άμορφων σημείων» μπορείτε να χρησιμοποιήσετε την ακόλουθη: «ένα σημειοσύνολο του Borel μη διατεταγμένο ακόμη σε πολλαπλότητα οποιασδήποτε συγκεκριμένης διαστασιακότητας».

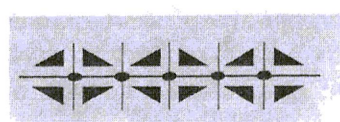
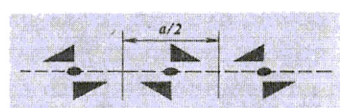
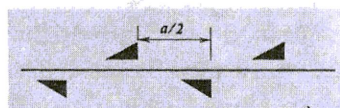
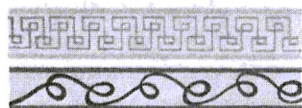
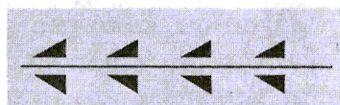
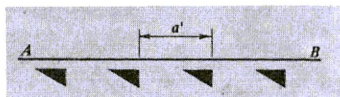
Οι αλλαγές (μεταβάσεις) φάσεων εκφράζονται σήμερα με όρους της ομάδας επανακανονικοποίησης (renormalization group), η οποία πραγματεύεται διάφορες τάξεις ενός συστήματος με οποιοδήποτε αριθμό διαστάσεων⁶⁵.

σημαίνει, προς το παρόν τουλάχιστον, πως πρέπει κάτι να σκεφτούμε. Έτσι, μόνο προς το παρόν, θα σκεφτούμε το σχεδόν τίποτε.

Θα προσπαθήσουμε να σκεφτούμε όχι τον ίδιο το χωρόχρονο αλλά το χωρόχρονο πριν γίνει χωρόχρονος. Μολονότι δεν μπορώ να εξηγήσω ακριβώς τι σημαίνει αυτό, θα επιχειρήσω να σας υποδείξω πώς θα μπορούσατε να αντιμετωπίσετε το πρόβλημα. Το βασικό σημείο για τη κατανόηση του θέματος είναι ότι μπορούμε να αντιληφθούμε ένα χωρόχρονο χωρίς δομή και ότι είναι επίσης δυνατό, μετά από κάποιους διαλογισμούς, να σχηματίσουμε μια νοητική εικόνα αυτής της γεωμετρικά άμορφης κατάστασης.

Φανταστείτε τις οντότητες που πρόκειται να συγκροτηθούν σε χωρόχρονο, και αργότερα σε χημικά στοιχεία και ελέφαντες, σαν «σκόνη άμορφων σημείων». Τώρα, στην εποχή για την οποία μιλάμε, δεν υπάρχει χωρόχρονος αλλά μόνο η σκόνη από την οποία πρόκειται να σχηματιστεί ο χωρόχρονος. Ανυπαρξία χωρόχρονου, ανυπαρξία γεωμετρίας σημαίνει απλώς ότι δεν μπορούμε να πούμε πως αυτό το σημείο βρίσκεται κοντά ή μακριά από εκείνο το σημείο, ούτε πως αυτό το γεγονός προηγείται ή έπεται εκείνου. Τώρα υπάρχει απόλυτη ομοιομορφία. Αργότερα θα πρέπει να σαρώσουμε τη σκόνη, αλλά αυτό θα γίνει από μόνο του· όπως γίνεται με όλα τα απλά πράγματα.

Πριν προχωρήσουμε περισσότερο, υπάρχει μια παρατήρηση που θά 'θελα να κάνω σχετικά με αλλαγές όπως η πήξη, ο βρασμός ή η εξάτμιση της πάχνης, και με το πώς σχετίζονται όλες αυτές οι αλλαγές με τα σχέδια μιας ταπετσαρίας. Το πόσο απότομα συμβαίνουν αυτές οι μεταβολές εξαρτάται από τη διαστασιακότητα του χώρου στον οποίο πραγματοποιούνται. Σ' ένα



Οι επτά τύποι συμμετρίας διαζωμάτων

Οι επτά βασικοί τύποι διαζωμάτων ή κορνιζών, οι δεκαεφτά τύποι χαρτιών ταπετσαρίας (δισδιάστατες περιοδικές επαναλήψεις) και οι διακόσιες τριάντα ομάδες συμμετρίας χώρου (τρισδιάστατες

μονοδιάστατο Σύμπαν μια σταγόνα νερού δεν θα πάγωνε απότομα αλλά θα στερεοποιούνταν σιγά σιγά, όπως όταν ψύχεται το υγρό βούτυρο. Σ' ένα Σύμπαν με δύο διαστάσεις, η πήξη θα ήταν πιο απότομη και με τρεις διαστάσεις ακόμη πιο πολύ απότομη. Το απότομο των μεταβολών αυτού του τύπου μπορεί να ερευνηθεί σε χώρους με διαφορετικούς αριθμούς διαστάσεων (ακόμη και σε χώρους με κλασματικούς αριθμούς διαστάσεων). Από μια τέτοια έρευνα διαπιστώνεται ότι οι μεταβολές γίνονται πιο απότομα όσο μεγαλώνει ο αριθμός των διαστάσεων από μιάμιση, δύο, τρεις, τέσσερις και πάνω. Στις τέσσερις διαστάσεις φτάνουμε σε μιαν αιχμή και κατόπιν το απότομο των μεταβολών παραμένει στο ίδιο επίπεδο.

Αυτό το χαρακτηριστικό για τις αλλαγές του τύπου που εξετάζουμε, προκύπτει από τη συνεργασία του περιβάλλοντος. Όταν ένα μόριο περιστοιχίζεται από πολλά γειτονικά, η αναδιάταξη του συνόλου των μορίων σε ένα νέο τύπο υλικού (όπως η μεταβολή από υγρό σε στερεό κατά την πήξη), γίνεται με συνεργασία και αυτή η διαδικασία προχωρεί γρήγορα. Καθώς αυξάνεται ο αριθμός των διαστάσεων, μεγαλώνει και ο αριθμός των αντικειμένων που υπάρχουν στο άμεσο περιβάλλον ενός σημείου. Κατά συνέπεια, οι αλλαγές γίνονται πιο απότομα. Σε τέσσερις όμως διαστάσεις, κάθε σημείο έχει τόσο πολλούς γείτονες ώστε η παραπέρα αύξηση των διαστάσεων έχει ασήμαντες επιπτώσεις. Με την αύξηση της διαστασιακότητας μεγαλώνει και η πολυπλοκότητα, η οποία ολοκληρώνεται κατ' ουσίαν όταν η διαστασιακότητα φτάσει στον αριθμό τέσσερα.

Τα περιοδικά επαναλαμβανόμενα διακοσμητικά σχέδια μας δίνουν μια ιδέα για το πόσο γρήγορα αυξάνεται η πολυπλοκότητα όταν μεγαλώνει η διαστασιακότητα

περιοδικές επαναλήψεις) έχουν περιγραφεί^{66, 67, 68} για χώρους με τρεις καθώς και με περισσότερες διαστάσεις⁶⁹.

Η δημιουργία έχει περιγραφεί και ως μετάβαση φάσης^{70, Δ, 1Δ}. Η σημαντική παρατήρηση αυτού του άρθρου βρίσκεται στον τρόπο που θα μπορούσε το Σύμπαν, ξεκινώντας με ίσες ποσότητες ύλης και αντιύλης, να καταλήξει στην παρατηρούμενη σήμερα ασυμμετρία, δηλαδή σ' ένα Σύμπαν αποτελούμενο αποκλειστικά από ύλη. Αυτό διατυπώνεται και με τον ακόλουθο τρόπο: Μπορεί κανείς να υποθέσει ότι το Σύμπαν άρχισε με την πιο συμμετρική δυνατή κατάσταση και ότι σ' αυτή την κατάσταση δεν υπήρχε ύλη· το Σύμπαν ήταν ένα

του χώρου. Ο μονοδιάστατος χώρος παρομοιάζεται με διακοσμητικό διάζωμα ή κορνίζα και αποδεικνύεται ότι υπάρχουν μόνο *εφτά* βασικοί τύποι τέτοιων σχεδίων: όλα τα διαζώματα που έχουν ποτέ κατασκευαστεί κατατάσσονται σ' έναν από αυτούς τους εφτά τύπους. Ένα δισδιάστατο σχέδιο μοιάζει με το χαρτί ταπετσαρίας τοίχου: υπάρχουν μόνο *δεκαεφτά* ξεχωριστοί τύποι σχεδίων. Φυσικά, υπάρχουν πολύ περισσότερες *παραστάσεις* επειδή η βασική συμμετρία των δεκαεφτά δισδιάστατων σχεδίων μπορεί να εκδηλωθεί με πολυάριθμους τρόπους, όπως με διάφορα λουλούδια, παγώνια, φιγούρες και χρώματα. Εντούτοις, η μεγάλη ποικιλία των διακοσμητικών παραστάσεων μπορεί να καταταχθεί σε έναν από τους δεκαεφτά τύπους δισδιάστατων σχεδίων. Η αύξηση της πολυπλοκότητας από τον μονοδιάστατο στον δισδιάστατο χώρο αντανakλάται στη μεταβολή από το εφτά στο δεκαεφτά. Τί γίνεται όμως με τον τρισδιάστατο χώρο; Εδώ υπάρχουν 230 διαφορετικοί τύποι τρισδιάστατων σχεδίων. Το ίδιο πράγμα μπορούμε να το εκφράσουμε και διαφορετικά, λέγοντας ότι υπάρχουν 230 βασικοί τύποι κρυστάλλων. Παρατηρούμε λοιπόν την αύξηση 7, 17, 230... Σε τέσσερις διαστάσεις ο αντίστοιχος αριθμός είναι περίπου 5.000. Η εκρηκτική αύξηση αυτής της σειράς των αριθμών μας δείχνει τη σημαντική αύξηση της πολυπλοκότητας των δυνατών σχεδίων σε τέσσερις διαστάσεις.

Ο τρόπος που σημειώθηκε η δημιουργία μοιάζει με το πάγωμα του νερού. Τη στιγμή της δημιουργίας η «σκόνη άμορφων σημείων» σχημάτισε την τάξη που ονομάζουμε χωρόχρονο. Επειδή κάθε σημείο βρίσκεται σε περιβάλλον επαρκούς πολυπλοκότητας, ο χωρόχρονος είναι τετραδιάστατος με πλούσιες ιδιότητες: αυτές οι ιδιότητες, που σήμερα τις ονομάζουμε *σωματίδια* και

κενό. Ήταν διαθέσιμη μια δεύτερη κατάσταση και σ' αυτήν υπήρχε ύλη. Η δεύτερη κατάσταση είχε ελάχιστα μικρότερη συμμετρία αλλά και λιγότερη ενέργεια. Ενδεχομένως εμφανίστηκε μια κηλίδα από τη λιγότερο συμμετρική φάση η οποία μεγάλωσε ταχύτατα. Η ενέργεια που απελευθερώθηκε από τη μετάβαση «εκφράστηκε» με τη δημιουργία σωματιδίων. Αυτό το συμβάν θα μπορούσε να ταυτιστεί με τη «μεγάλη έκρηξη».

δυνάμεις, συνεπάγονται την εξασφάλιση σταθερότητας. Επιπλέον, τα σχέδια (οι κόμποι) πέφτουν στην παγίδα της μονιμότητας που στήνουν οι τρεις διαστάσεις του χώρου ενώ από τη διάσταση του χρόνου προικίζονται με συνέπειες που θα φανούν αργότερα, στο μέλλον.

Ο χωρόχρονος αναδύθηκε τυχαία μέσα από την ίδια του τη σκόνη. Δεν χρειάστηκε καμιά εξωτερική επέμβαση. Πριν από την ύπαρξη του χώρου και του χρόνου υπήρχαν ασύνδετα σημεία μεταξύ των οποίων δεν είχε αναπτυχθεί καμιά σχέση. Τους έλειπε κάθε είδους γεωμετρική σχέση και συνεπώς δεν ήταν χωρόχρονος.

Φανταστείτε αυτήν την αρχέγονη σκόνη να στροβιλίζεται και να συγκεντρώνεται στιγμιαία, σχηματίζοντας διάφορα διαμορφώματα. Αρχικά, ανάμεσα στα σημεία δεν υπάρχει καμιά σχέση: δεν μπορούμε να πούμε ότι αυτό το σημείο είναι κοντά σε εκείνο ή ότι αυτό προηγείται εκείνου γιατί ακόμη η απόσταση και η χρονική διαδοχή δεν έχουν κανένα νόημα.

Τα στροβιλιζόμενα σημεία μπορεί να συγκεντρωθούν σε μεγάλους αριθμούς και τουλάχιστον τοπικά και πρόσκαιρα να αναπτυχθούν σχέσεις: *διαμορφώματα, κόμποι*. Καμιά φορά μια κηλίδα αυτής της ειδικής γεωμετρίας μπορεί να σχηματίσει εξωτερικό χρόνο. Καμιά φορά μια κηλίδα χρόνου μπορεί φευγαλέα να υπάρξει έξω από το χώρο. Μερικές φορές οι κηλίδες σημείων διαμορφώνονται σε περιοχές απ' όπου μπορεί να προκύψει χώρος και χρόνος, και ύστερα πάλι σκορπίζουν.

Είναι απίθανο να δώσει η τύχη κηλίδες με δωδεκαδιάστατο χώρο και δεκαπενταδιάστατο χρόνο. Είναι απίθανο να αμφιταλαντεύεται η ύπαρξη ενός τέτοιου χωρόχρονου λόγω του τεράστιου αριθμού των διευθετήσεων που θα χρειάζονταν για να πραγματοποιηθεί,

Σ' αυτή την περιγραφή δεν είναι τελείως ξεκάθαρος ο ρόλος του όρου «απίθανα». Θα μπορούσε κανείς να το διατυπώσει ως «μικρό στατιστικό βάρος», όπως αναφέρεται στο σχετικό βιβλίο για τη βαρύτητα^δ. αν όμως βρισκόμαστε πραγματικά έξω από το χρόνο, τότε οποιοδήποτε γεγονός θα συμβεί (οποιαδήποτε κι αν είναι η πιθανότητά του), εκτός φυσικά αν είναι απόλυτα αδύνατο. Αν έτσι έχουν τα πράγματα, θα δημιουργούνται συνεχώς νέα Σύμπαντα, ο σημερινός αριθμός τους είναι άπειρος, και τα οποία θα διαστελλονται με άπειρη ταχύτητα. Αυτή η κλίμακα θεώρησης ενώ είναι τεράστια, δεν είναι όμως και οριακή.

χωρίς εξωτερική επέμβαση, μια τόσο πολύπλοκη δομή. Είναι όμως δυνατό να δημιουργηθεί κατά τύχη μια μονοδιάστατη «ταινία» χρόνου ή χώρου (σε μία διάσταση ο χώρος και ο χρόνος δεν διακρίνονται). Αυτή η «ταινία» προκύπτει από την τυφλή, τυχαία διευθέτηση των ως τότε ασύνδετων σημείων, όπως η πραγματική σκόνη στον αέρα μπορεί να σχηματίσει τυχαία μια γραμμή. Και όπως η πραγματική σκόνη, διασκορπίζεται αμέσως γιατί εξαιτίας της μικρής διαστασιακότητάς της είναι φτωχή σε γειτονικά σημεία και χωρίς ιδιότητες. Το φευγαλέο μονοδιάστατο Σύμπαν που δημιουργήσε η τύχη, διαλύεται και η καινοφανής δομή επιστρέφει στη σκόνη των άμορφων σημείων.

Κάπου αλλού (αλλά ακόμα δεν μπορούμε να μιλάμε για το πού) και κάποτε (αλλά ακόμα δεν υπάρχει πουθενά χρόνος), η σκόνη το χωρόχρονου τυχαίνει να πάρει τη μορφή μικρών μονοδιάστατων Συμπάντων. Ενώ όμως πραγματοποιούν την αστραφτερή τους εμφάνιση, δεν καταφέρνουν να επιβιώσουν και χάνονται χωρίς ν' αφήσουν πίσω τους κανένα ίχνος. Τέτοια θνησιγενή Σύμπαντα σχηματίζονται σε τεράστιους αριθμούς. Συνιστούν μια πρόχειρη θέση ή καθιερώνουν μια πρόσκαιρη εποχή· αποτυγχάνουν, διαλύονται και πεθαίνουν χωρίς να γράψουν ιστορία.

Το ξεπέταγμα, η φευγαλέα εμφάνιση ενός καινοφανούς Συμπαντος μπορεί να νοηθεί σαν μια τυχαία συνάντηση σημείων που απολήγει σε κάποιο σχέδιο. Ανάμεσα στα αναρίθμητα δημιουργήματα της τύχης υπάρχουν ένα ή δύο (ή ένας συγκριτικά μικρότερος αριθμός) λιγότερο πιθανά και περισσότερο πολύπλοκα διαμορφώματα σημείων που συνιστούν ένα δισδιάστατο Σύμπαν. Πολλά σημεία σ' αυτά τα λιγότερο πιθανά Σύμπαντα τυχαίνει να συναθροιστούν έτσι ώστε να

Γύρω μας (και μέσα μας) συμβαίνουν μικρής κλίμακας διακυμάνσεις της γεωμετρίας του χωρόχρονου^{64, Δ}. Παντού και πάντα η γεωμετρία του χωρόχρονου θρυμματίζεται και ανασυντίθεται, αλλά αυτό γίνεται σε τόσο μικρή κλίμακα που δεν μπορούμε να το αντιληφθούμε. Οι διακυμάνσεις αποκτούν σημασία σε κλίμακα μηκών γύρω στο «μήκος Planck», που ισούται με $1,6 \times 10^{-33}$ εκατοστόμετρα. Αυτό υπονοείται και στη φράση του Wheeler «η αφρώδης φύση του Σύμπαντος».

Αυτό είναι αντικείμενο της Φυσικής του μέλλοντος. Η εικόνα που δίνω είναι ασαφής γιατί προκύπτει από καθαρές εικασίες σχετικά με την τελική μορφή που θα πάρει η λύση του προβλήματος της δημιουργίας. Ενώ μπορούμε να είμαστε ακριβείς και με λίγη τύχη σαφείς στη διατύπωση μιας καθιερωμένης έννοιας (γιατί για να δια-

προσδιορίσουν έναν δισδιάστατο χώρο χωρίς χρόνο και ν' αποτελέσουν μια επιφάνεια που της λείπει η χρονική διάρκεια. Άλλα σημεία συγκροτούν πάλι κατά τύχην έναν αληθινό δισδιάστατο χωρόχρονο, με μία γραμμή για το χώρο και μία κατεύθυνση για το χρόνο. Όμως, τους λείπει ακόμη η πολυπλοκότητα που είναι απαραίτητη για την επιβίωσή τους. Δεν έχουν μεγαλύτερη πιθανότητα να επιβιώσουν απ' όση έχει ένα συννεφάκι κόκκων σκόνης που τυχαίνει να σχηματίσει πρόσκαιρα μια λωρίδα πάνω σε μιαν ακτίνα φωτός. Τέτοια Σύμπαντα μπορεί να σχηματιστούν, ενώ έξω από τον δικό μας χώρο και χρόνο σχηματίζονται και σήμερα. Όμως δεν είναι προορισμένα να ζήσουν. Φεύγουν όπως έρχονται. Καταρρέουν στην αδιαμόρφωτη σκόνη από την οποία κατά τύχη σχηματίστηκαν. Δεν αφήνουν κανένα ίχνος στο χώρο ή το χρόνο γιατί σχημάτισαν τον δικό τους χώρο και όρισαν τον δικό τους χρόνο, κι όταν πεθαίνουν, πεθαίνει μαζί και ο χωρόχρονός τους.

Τα μονοδιάστατα Σύμπαντα ήταν απίθανα διαμορφώματα σημείων. Τα δισδιάστατα ήταν περισσότερο απίθανα διαμορφώματα σημείων σε περισσότερο περίπλοκες, πλούσιες αλλά πάντως όχι επαρκώς πλούσιες οχέσεις. Ακόμα πιο απίθανη είναι η τυχαία συνάθροιση σημείων που οδηγεί σε χωρόχρονα τριών διαστάσεων. Αλλά και αυτός ο χωρόχρονος είναι δομικά πολύ ασταθής. Τώρα τα σημεία έχουν περισσότερους γείτονες από τα πρόδρομά τους πιθανότερα Σύμπαντα (τα οποία όντας εκτός χώρου και χρόνου μετά την εξαφάνισή τους δεν αποτελούν αληθινούς προδρόμους, και σχηματίζονται και χάνονται κάπου «αλλού» σε άλλο «τώρα»). Όμως αυτά τα Σύμπαντα δεν είναι αρκετά πλούσια γι' αυτό και δεν επιβιώνουν μετά τη γέννησή τους. Η υπάρξή τους παραπαίει μέσα στη σκόνη, η δομή τους δεν διαρκεί

τυπώσουμε κάτι πρέπει πρώτα να το έχουμε κατανοήσει), θα είμαστε ασαφείς για τα συμβάντα που προηγήθηκαν της δημιουργίας γιατί δεν στηρίζονται σε ποσοτικές σχέσεις^{71, 72, 1δ}. Εντούτοις υπάρχουν λόγοι για τους οποίους αυτές οι απόψεις δεν μπορεί να θεωρηθούν παράλογες ή εξωεπιστημονικές. Πρέπει καταρχήν να υπάρξει κάποιος μηχανισμός για τη δημιουργία, όπως και για την εμφάνισή της. Ό,τι προσπαθούμε να εκφράσουμε μέσα από αυτές τις παρατηρήσεις είναι πως υπάρχει μια δυνατότητα να εξηγηθεί η δημιουργία και να περιγραφούν τα συμβάντα που προηγήθηκαν. Θα πετύχουμε το στόχο μας μόνον όταν αυτή η δυνατότητα εκφραστεί ποσοτικά. Όταν γίνει κάτι τέτοιο, φαντάζομαι το χείμαρρο των λόγων που θα ακολουθήσει τη γραμμή διατύπωσης αυτών των σελίδων. Κατά κάποιο τρόπο είναι ένα προαίσθημα, που όμως συμβιβάζεται με τη στασιμότητα της σύγχρονης επιστήμης στον συγκεκριμένο τομέα.

Έχει διατυπωθεί η ιδέα ότι η ύπαρξη του χωρόχρονου και η φύση της γεωμετρίας μπορεί να θεωρηθούν ως Φυσική που προκύπτει από την στατιστική των μεγάλων αναλογιών⁶⁴. Η εν λόγω ιδέα βρίσκεται πίσω από τις παρατηρήσεις των «σχέσεων»: η δυνατότητα αλληλο-

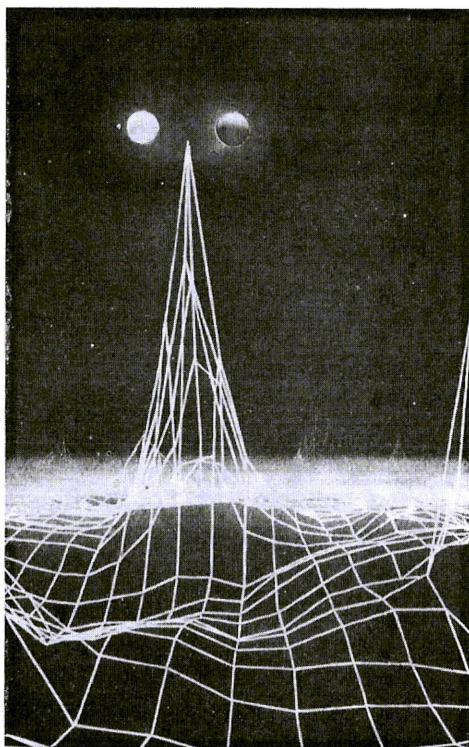
περισσότερο απ' όσο ένα συννεφάκι σκόνης και ξαναγίνονται σκόνη. Τέτοια τρισδιάστατα Σύμπαντα σχηματίζονται τυχαία σε τεράστιους αριθμούς αλλά λόγω της δομικής φτώχειας τους επιστρέφουν στη σκόνη.

Κατόπιν (οτιδήποτε κι αν σημαίνει αυτό), πάλι τυχαία ένα σύμπλεγμα σημείων «σκόνταψε» σε ένα διαμόρφωμα με τέτοια πολυπλοκότητα ώστε να αντιστοιχεί σε τέσσερις διαστάσεις· όμως και οι τέσσερις ήταν διαστάσεις χώρου: έλειπε ο χρόνος. Η μορφή αυτή είναι πλούσια σε πολυπλοκότητα εσωτερικών σχέσεων, όχι όμως τόσο λεπτοδουλεμένη ώστε να επιβιώσει. Έτσι και τώρα το τυχαία διαμορφωμένο σύμπλεγμα σημείων θα σκορπίσει πάλι σαν αδιαμόρφωτη σκόνη.

Δεν υπήρχε κανένα πρόβλημα αναμονής για άλλη τετραδιάστατη δομή γιατί χωρίς χρόνο η αναμονή δεν έχει νόημα. Μια από αυτές τις δομές ήταν τετραδιάστατος χωρόχρονος. Ξέρουμε πως αυτό συνέβη πραγματικά τουλάχιστον για μία φορά. Υποπευόμαστε μάλιστα ότι αυτό συνεχίζεται έξω από το χώρο και το χρόνο μας αλλά η δική μας συγκεκριμένη διαταραχή της σκόνης είναι αυτή που έχει συνέπειες για μας. Αυτή η συγκεκριμένη διαταραχή αφορά τη μετάπτωση των σημείων στο διαμόρφωμα που αναγνωρίζουμε σήμερα ως τρεις διαστάσεις χώρου και μία χρόνου. Τυχαία!

Η διαταραχή, της οποίας είμαστε συνέπεια, ήταν τετραδιάστατη και συνεπώς πλούσια σε πολυπλοκότητα σε όλη της τη έκταση. Επιπλέον, η γεωμετρία της ήταν γεωμετρία του χωρόχρονου και σαν τέτοια μπορούσε να στηρίξει και να συντηρήσει την πολυπλοκότητα των σχέσεων που ονομάζουμε *ύλη* και *δυνάμεις*. Ξαφνικά, κατά τύχη, έχουμε ένα Σύμπαν, ένα σύνολο βιώσιμων σχέσεων. Οι σχέσεις είναι αρκετά λεπτεπίλεπτες και πολύπλοκες ώστε η διαταραχή να αποκτήσει ευστάθεια.

σύνδεσης ποσοτήτων σε αυτοσυνεπή δίκτυα. Έτσι, τα σωματίδια θα είναι οι επιτρεπόμενες αυτοσυνέπειες και τα δίκτυα οι κόμποι του χωρόχρονου. Αυτό το λογικό δίκτυο γίνεται αρκετά πλούσιο (και ευσταθές) μόνο σε τρεις διαστάσεις χώρου και μία διάσταση χρόνου. Στο σχετικό παράρτημα⁶⁴ οι συγγραφείς αποδέχονται την περίπτωση αποτυχίας, χωρίς όμως αυτό να σημαίνει πως η ιδέα είναι λαθεμένη.



Δημιουργία ύλης-αντιύλης (ηλεκτρόνιο-ποζιτρόνιο) από το κβαντικό κενό στο χωρόχρονο. Σε ελάχιστο χρόνο το ζεύγος εξαϋλώνεται.

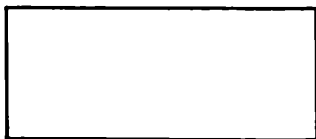
Αντί να εξαφανιστεί, όπως εξαφανίστηκαν οι άλλες απίθανες καταστάσεις, αυτή η εξαιρετικά απίθανη κατάσταση «πάγωσε» και αποτέλεσε υπαρκτή πραγματικότητα. Αυτό το συγκεκριμένο Σύμπαν επέζησε. Είναι ένας σπόρος για την οργάνωση του όλου χωρόχρονου. Εμείς σκοντάψαμε εκεί. Το Σύμπαν ξεκίνησε. Τυχαία!

Τι είναι επιτέλους αυτά τα σημεία; Από πού προέκυψαν; Πώς φτιάχτηκαν ή από πού ξεφύτρωσαν; Ακόμη λοιπόν υπάρχει κάτι που πρέπει να δημιουργηθεί; Μήπως η ιδέα της «άπειρης οκνηρίας» είναι μια χίμαιρα;

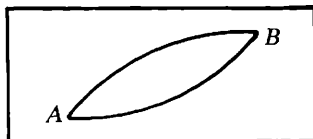
Τώρα βρισκόμαστε στο κέντρο της δημιουργίας. Χρειαζόμαστε όμως μία ακόμη ιδέα· μια ιδέα ικανή να εξηγήσει την ανάδυση των πραγμάτων από το τίποτε. Πιστεύω ότι είναι ευδιάκριτη και θά 'θελα να ελπίζω πως θα μπορούσε να κατανοηθεί.

Το κλειδί αυτής της ιδέας βρίσκεται στην παρατήρηση της *απαλοιφής των αντιθέτων*. Αν αναστρέψουμε τη φορά της απαλοιφής θα φανερωθεί η περίπτωση διαχωρισμού του τίποτε σε αντίθετα πράγματα. Η δημιουργία του κόσμου μπορεί να κατανοηθεί με μια τέτοια διαδικασία. Κατά κάποιο τρόπο, τη στιγμή της δημιουργίας το τίποτε πρέπει να χωριστεί σε εξαιρετικά απλά ζεύγη αντίθετων πραγμάτων. Αν από το διαχωρισμό προκύψει ένα αρκετά πολύπλοκο σχέδιο, τα αντίθετα αποκτούν ευστάθεια και το σύνολο μονιμότητα.

Ένα κοσμικό παράδειγμα αυτής της συμπεριφοράς είναι η ύπαρξη *ύλης* και *αντιύλης*. Η σύγκρουση ενός σωματιδίου με το αντισωματίδιό του ουσιαστικά οδηγεί στο τίποτε: το σύνολο εξαφανίζεται μετατρέπόμενο σ' ένα «στιαγονίδιο» ενέργειας· αντίστροφα, είναι δυνατό να δημιουργηθεί ένα ζεύγος από ένα σωματίδιο και το αντισωματίδιό του, ουσιαστικά από το τίποτε. Το τωρι-



Κλασικό κενό



Κβαντικό κενό

A: δημιουργία ζεύγους ύλης - αντιύλης (ηλεκτρόνιο - ποζιτρόνιο)

B: Εξαϋλωση

Στο κλασικό κενό δεν παρατηρείται καμιά φυσική διαδικασία. Αντίθετα το κβαντικό κενό σφύζει δραστηριότητας.

Από την παραπάνω πηγή⁶⁴ παίρνω τις ακόλουθες παρατηρήσεις: «Είναι δύσκολο να φανταστούμε ένα απλούστερο στοιχείο, με το οποίο θα μπορούσε να αρχίσει η θεμελίωση της Φυσικής, διαφορετικό από την επιλογή «ναι - όχι», «αληθές - ψευδές», ή «ανοικτό - κλειστό κύκλωμα». Ένα σύνολο τέτοιων στοιχείων αποτελεί ένα σύστημα κυκλωμάτων με διακόπτες.... ισόμορφο με μια πρόταση του προτασιακού λογισμού της μαθηματικής λογικής...».

Ίσως αυτός είναι ο βαθύτερος λόγος που μπορούμε να περιγράψουμε το Σύμπαν με τη βοήθεια των Μαθηματικών: τα Μαθηματικά είναι ένα σύστημα λογικής, και αν είναι σωστή αυτή η άποψη για την τελική φύση του Σύμπαντος, δεν πρέπει να μας εκπλήσει το γεγονός ότι τα Μαθηματικά μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την περιγραφή του⁷. Κατά κάποιο τρόπο τα Μαθηματικά μιμούνται την έσχατη δομή. Ένας μαθηματικός τύπος που γράφεται πάνω σε μια σελίδα αποτελεί την έκφραση μιας ορισμένης ομάδας σχέσεων που συνυπάρχουν στη δομή του χωρόχρονου.

νό Σύμπαν συνταράσσεται από τέτοιου είδους δραστηριότητες όπου η ενέργεια (περιελιγμένος χωρόχρονος) δημιουργεί σωματίδια και αντισωματίδια, που εξαυλώνονται και πάλι σε ενέργεια.

Έχουμε τονίσει ότι η δημιουργία δεν μπορεί να δώσει διαμιάς πλήρεις, πλούσιες πολυπλοκότητες, όπως π.χ. σωματίδια και αντισωματίδια (για να μην πούμε ελέφαντες και αντιελέφαντες). Η δημιουργία μπορεί να δώσει μόνο τις πιο πρωτόγονες δομές, δομές με τέτοια απλότητα ώστε να μπορούν να ξεπηδήσουν από το απολύτως τίποτε. Είμαστε λοιπόν υποχρεωμένοι να βρούμε το έσχατα απλό.

Η επιτομή (δεν βλέπω πώς θα μπορούσα να χρησιμοποιήσω μιαν άλλη πιο εντυπωσιακή λέξη) του έσχατα απλού είναι η διαφορά ανάμεσα στην ύπαρξη και την ανυπαρξία ενός σημείου ή ανάμεσα στη θετική και την αρνητική μονάδα. Τα βασικά συστατικά του Σύμπαντος πρέπει να είναι τόσο απλά ώστε οι διαφορές τους να συμβολίζονται με το 1 και το -1, με το ναι και το όχι ή, πιο πεζά, με το αληθινό και το ψεύτικο. Οι θεμελιώδεις δομικοί λίθοι ολόκληρης της δημιουργίας πρέπει να έχουν αυτή τη δυαδική μορφή. Δεν υπάρχει τίποτε απλούστερο που να έχει ιδιότητες. Μόνο η διαφορά που συμβολίζεται με 1 και -1, με ένα και μη ένα ή σημείο και μη σημείο, έχει την ικανοποιητική απλότητα που χρειάζεται ώστε να δημιουργηθεί από το τίποτε. Όταν όμως συγκεντρωθεί σε μεγάλο πλήθος, δημιουργεί εξαιρετικό πλούτο (όπως στα μαθηματικά και τη λογική) που οδηγεί στην εμφάνιση ιδιοτήτων. Κατά βάση το Σύμπαν είναι μια σκόνη δυαδικών στοιχείων. Αυτή είναι η σκόνη του χωρόχρονου.

Τι γεννά όμως τη σαφή διάκριση των αντιθέτων;

Πριν επιχειρήσω να συνθέσω όλα αυτά τα πράγματα

Η ιδέα ότι τα αντισωματίδια είναι σωματίδια που κινούνται πίσω στον χρόνο^{73, 57} πρωτοπαρουσιάστηκε από τον E.C.G. Stückelberg και αναπτύχθηκε από τον R. Feynman. Έχει υποστηριχτεί η άποψη ότι όλα τα ηλεκτρόνια του Σύμπαντος είναι απaráλλακτα, για τον απλούστατο λόγο ότι υπάρχει μόνο ένα· το παίρνουμε για πολλά γιατί αντιλαμβανόμαστε τη διατομή της τροχιάς του καθώς κινείται εμπρός - πίσω στο χρόνο. Η άποψη αυτή αποδόθηκε στον J.A. Wheeler κατά τη διάρκεια μιας τηλεφωνικής συνομιλίας με τον R. Feynman (ή αντίστροφα)⁷⁴. Αυτές οι τολμηρές εικασίες, ανεξάρτητα από το ποσοστό αλήθειας που περιέχουν, αν δεν εκφράζουν την επιστημονική μέθοδο δείχνουν τουλάχιστον καθαρά τις σύγχρονες επιστημονικές διαθέσεις.

Φυσικά δεν εννοώ ότι από το τίποτε μπορούν να ξεπηδήσουν ένας ελέφαντας και ένας αντιελέφαντας. Γι' αυτόν ακριβώς το λόγο έχω τονίσει τη σπουδαιότητα της αναζήτησης των απλών πραγμάτων. Φυσικά πράγματα με έσχατη απλότητα θα μπορούσαν να ξεπηδήσουν από το τίποτε με έναν τρόπο που χρειάζεται περισσότερες εξηγήσεις.

Η σύνθεση διακρίτων πραγμάτων με δύο συνιστώσες σε έναν χωρόχρονο, κάτι που σημαίνει την εμφάνιση μιας γεωμετρίας, αποτελεί τη βάση της θεωρίας των τουϊστορ (twistor)⁷⁵.

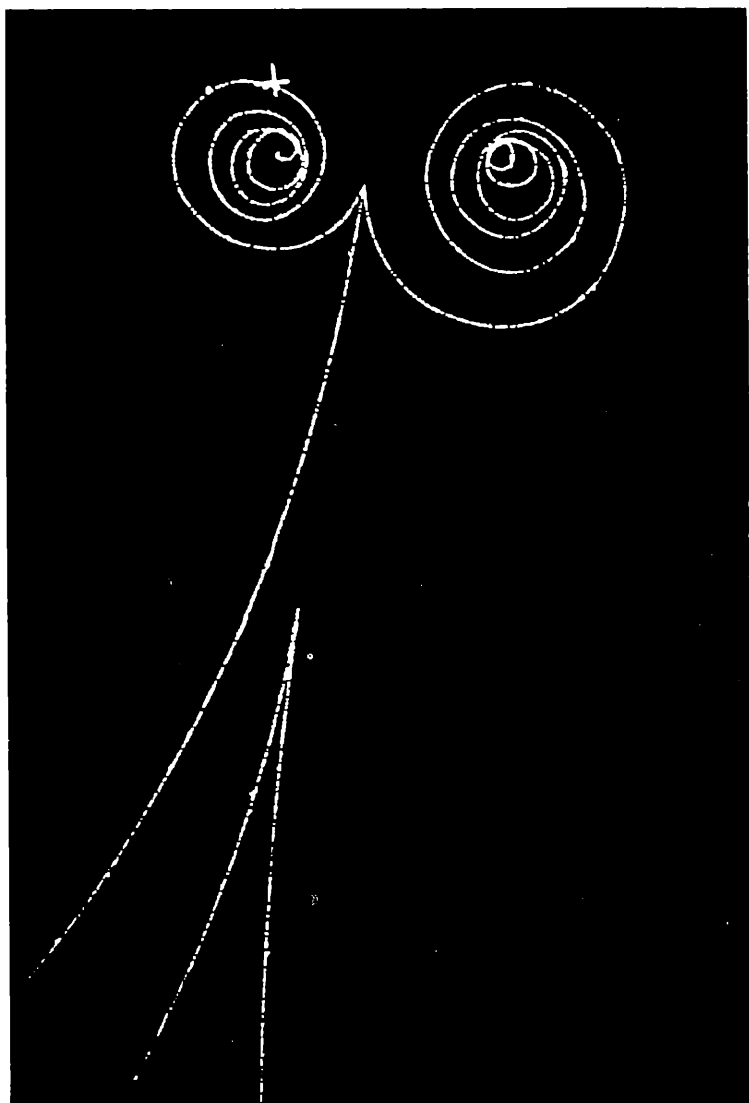
και να δώσω μια τελική εικόνα, θα ήθελα να κάνω μια εισαγωγική και πολύ σημαντική παρατήρηση σχετικά με έναν ειδικό ρόλο του χρόνου: *Ο χρόνος επιτυγχάνει τη διάκριση των αντιθέτων.*

Μπορούμε να φτάσουμε σ' αυτή την ιδέα εξετάζοντας άλλη μια φορά την ύλη και την αντιύλη. Ένα σωματίδιο διακρίνεται από το αντισωματίδιό του από τη φορά με την οποία κινούνται στο χρόνο. Αντί να σκεφτούμαστε ότι τα σωματίδια και τα αντισωματίδια είναι ξεχωριστά πράγματα (γιατί υπάρχει η υποψία ότι έχουν συγγένεια), μπορούμε να σκεφτούμε ότι ένα αντισωματίδιο είναι το ίδιο το αντίστοιχό του σωματίδιο που κινείται πίσω στο χρόνο. Ένα ηλεκτρόνιο κινείται με την κανονική φορά του χρόνου προς τα εμπρός· ένα αντιηλεκτρόνιο κινείται με την αντίθετη φορά του χρόνου προς τα πίσω.

Τα αντίθετα, τα αντίθετα απλά πράγματα τουλάχιστον, διακρίνονται από τη φορά με την οποία κινούνται στο χρόνο. Αυτό σημαίνει ότι αν είχαμε πολύ χρόνο στη διάθεσή μας θα υπήρχε δυνατότητα να διακρίνουμε τα αντίθετα τα οποία, όταν ο χρόνος απουσιάζει, συγχωνεύονται στο τίποτε.

Τώρα βρισκόμαστε στην καρδιά του προβλήματος. Ίσως πέρα από τη δυνατότητα κατανόησης, ίσως όμως ακριβώς στο όριό της. Νομίζω πως μπορούμε να διακρίνουμε τα πρώτα στοιχεία της αυτοδημιουργίας του κόσμου.

Υπάρχουν δύο συστατικά. Κατά πρώτο λόγο χρειαζόμαστε τα σημεία τα οποία πρόκειται να συνενωθούν σε διαμορφώματα που ορίζουν χώρο και χρόνο. Κατόπιν χρειαζόμαστε τα σημεία από τα οποία αποχωρίζονται τα αντίθετά τους εξαιτίας της φοράς του χρόνου. *Ο χρόνος έδωσε υπόσταση στα σημεία και τα σημεία έδωσαν*



Παραγωγή ζεύγους ηλεκτρονίου-ποζιτρονίου από ακτίνες γ υψηλής ενέργειας σε θάλαμο φυσαλίδων.

υπαρξη στο χρόνο. Αυτή είναι η κοσμική αυτοδυναμία.

Θα ήθελα να εκφράσω λίγο διαφορετικά αυτή την ασύλληπτη ιδέα (προσωπικά τουλάχιστον τη βρίσκω ασύλληπτη, αλλά πάντως μέσα στα όρια της κατανόησης). Παραστήσαμε τα αντίθετα με τα σύμβολα 1 και -1. Όπως έχουμε ήδη αναφέρει, μπορούμε να θεωρήσουμε πως παριστάνουν ένα σημείο και την απουσία του σημείου ή ένα οποιοδήποτε αρκετά απλό ζεύγος αντίθετων πραγμάτων. Κατά την άποψη των αντιθέτων, τα 1 και -1 διακρίνονται από τη φορά που κινούνται μέσα στο χρόνο. Το -1 είναι 1 που κινείται πίσω στο χρόνο. Όταν λείπει ο χρόνος, το -1 και το 1 συγχωνεύονται στο $1-1=0$: δηλαδή το τίποτα.

Η ασύλληπτη αλλά πάντως κατανοήσιμη κεντρική ιδέα είναι ότι το Σύμπαν αποκτά υπόσταση εξαιτίας του αυτοπροσδιορισμού του. Ισχυριστήκαμε ότι το 1 και το -1, τα σημεία και η απουσία τους, όταν διαταχθούν κατάλληλα συνιστούν χρόνο και χώρο. Όμως, για να υπάρξει και να αποκτήσει υπόσταση το σημείο και το μη σημείο χρειάζεται χρόνος γιατί ο χρόνος τα ξεχωρίζει, τους δίνει διακριτικά γνωρίσματα και τα γεννά από το τίποτε. Εδώ βρίσκεται ο κεντρικός αυτοπροσδιορισμός: η ανάδυσή του χρόνου από τη σκόνη του· η σκόνη γεννήθηκε από την πράξη διαμόρφωσης του χρόνου.

Με μια λέξη, ο κεντρικός συλλογισμός είναι ότι ο χωρόχρονος δημιουργεί τη δική του σκόνη κατά τη διαδικασία της δικής του αυτοσυγκρότησης. Το Σύμπαν μπορεί να ξεπηδήσει από το τίποτε χωρίς καμιά παρέμβαση. *Τυχαία.*

Πέμπτος προσανατολισμός

Υποστήριξα πως δεν υπάρχει κανένας λόγος να θεωρούμε τους εαυτούς μας κάτι διαφορετικό από επιτελέσματα της τύχης. Το Σύμπαν σκόνταψε πάνω στην ίδια του την ύπαρξη όπως ίσως άλλα Σύμπαντα συνεχίζουν να σκοντάφτουν έξω από το δικό μας χώρο και χρόνο, ορίζοντας έτσι τον δικό τους χώρο και τον δικό τους χρόνο. Προσπάθησα να δείξω ότι η ξαφνική εμφάνιση από τη σκόνη των σημείων ενός διαμορφώματος με αρκετή πολυπλοκότητα ώστε να έχει ευστάθεια, ήταν ένα τυχαίο περιστατικό που δεν χρειαζόταν καμιά εξωμυρική επέμβαση. Αυτό το τυχαίο περιστατικό είναι η αιτία που υπάρχουμε, αλλά και που θα εξαφανιστούμε την κατάλληλη στιγμή. Μπορούμε ακόμη να αρχίσουμε να διακρίνουμε με ποιο μηχανισμό προέκυψε το Σύμπαν από το απολύτως τίποτε, τον τρόπο με τον οποίο ο χρόνος (κατά τύχη) το δημιούργησε.

Στην πραγματικότητα, εδώ είναι το τέλος του ταξιδιού μας. Πήγαμε πίσω στο χρόνο και πέρα απ' αυτόν. Αναζητήσαμε να βρούμε τον άπειρα σκληρό δημιουργό στο κρησφύγετό του (και φυσικά απουσίαζε). Έστω και χωρίς απόλυτη διαύγεια, είδαμε τη δημιουργία πραγμάτων από τι τίποτε. Σε γενικές γραμμές εξηγήσαμε τη φύση της ύπαρξης με τη βοήθεια των ιδιοτήτων του χωρόχρονου και τις αλληλεξαρτώμενες συνέπειες του ξετυλίγματός του καθώς καταρρέει άσκοπα προς το χάος. Ήδη βρισκόμαστε στη μέση αυτού του ξετυλίγματος.

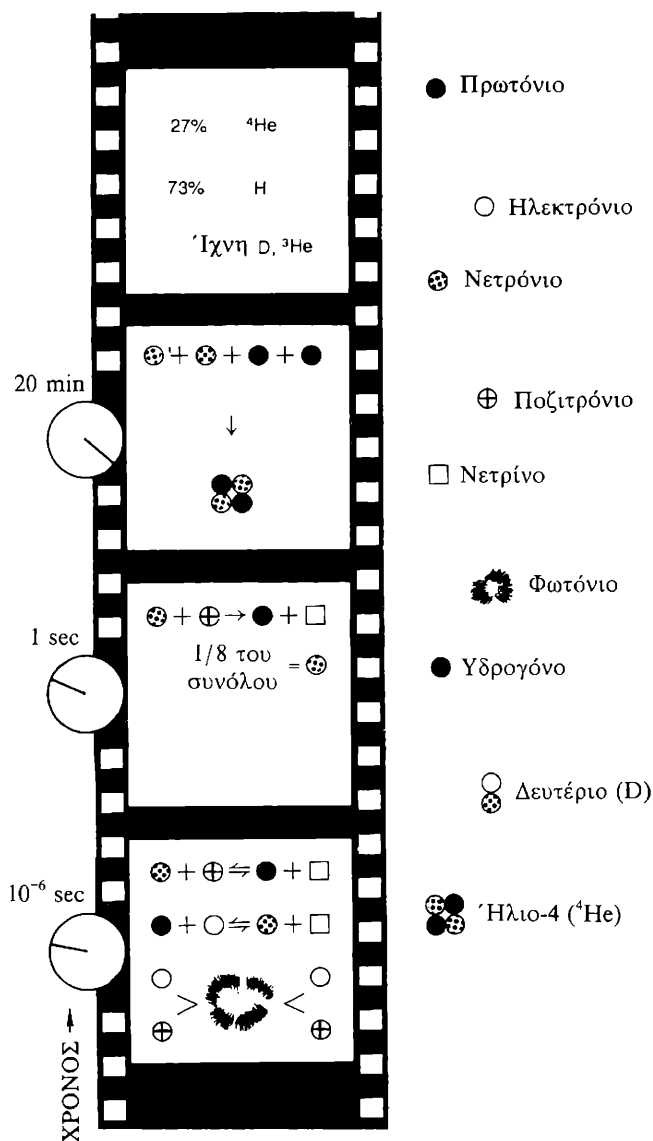
Τώρα μπορούμε να συγκεντρώσουμε όλους αυτούς τους στοχασμούς και με τη φαντασία μας να ξεκαθαρίσουμε το υπόλοιπο μισό της αιωνιότητας. Θα αρχίσουμε πριν από την αρχή, θα επιτρέψουμε στον εαυτό μας

ασύνδετους στοχασμούς και θα παρακολουθήσουμε την
πτήση του Σύμπαντος πέρα από το τέλος του.

6. Δημιουργημένα πράγματα

Πρώτα, υπάρχει η αρχή. Στην αρχή δεν υπήρχε τίποτε. Απόλυτο κενό, όχι απλώς κενός χώρος. Δεν υπήρχε χώρος ούτε χρόνος γιατί αυτή συνέβη πριν από το χρόνο. Το Σύμπαν ήταν κενό και άμορφο.

Μετά από μια τυχαία διαταραχή αναδύθηκε από το τίποτε ένα σύνολο σημείων τα οποία απέκτησαν υποσυστάση από το συνδυασμό τους σε διαμορφώματα. Αυτά τα μορφοποιημένα υπαρκτά πλέον σημειοσύνολα προσδιόρισαν ένα χρόνο. Ο τυχαίος σχηματισμός διαμορφωμάτων είχε αποτέλεσμα την ανάδυση ενός χρόνου από τα προϊόντα του διαχωρισμού *αντίθετων* πραγμά-



Δημιουργία του Σύμπαντος. Τα πρώτα 20 λεπτά απ' τη στιγμή της Μεγάλης Έκρηξης.

των, δηλαδή από το τίποτα. Η ανάδυση της σκόνης των σημείων και η τυχαία οργάνωσή τους σε χρόνο ήταν η συμπτωματική, χωρίς κίνητρα πράξη που τους έδωσε υπόσταση. Τα αντίθετα, τα εξαιρετικά απλά πράγματα αναδύθηκαν από το τίποτε.

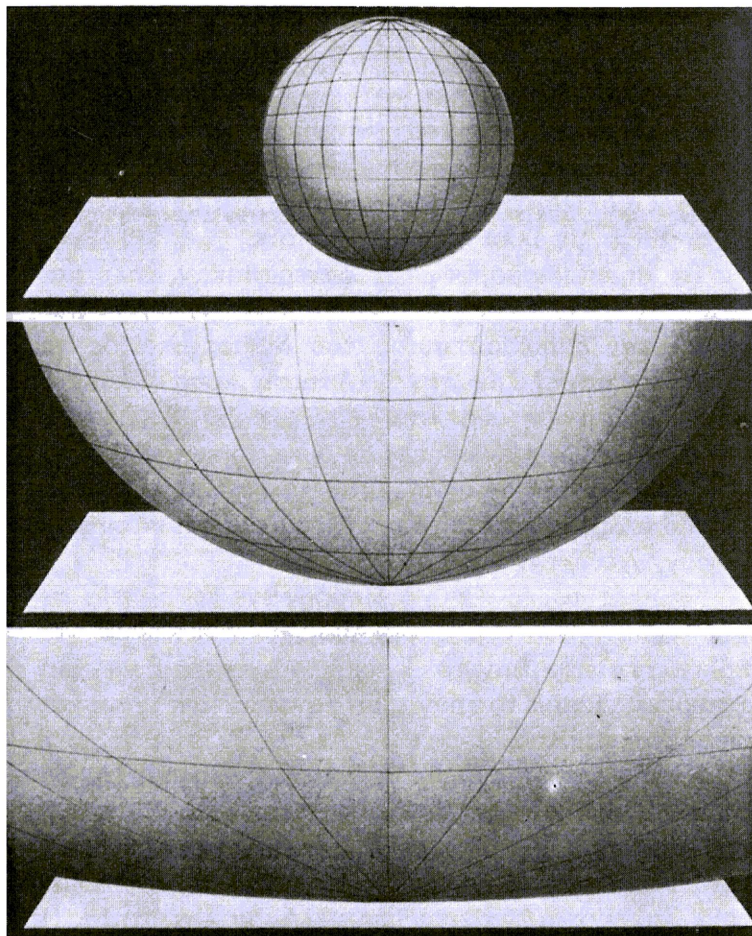
Όμως η γραμμή του χρόνου διαλύθηκε και το αρχόμενο Σύμπαν εξατμίστηκε γιατί ο χρόνος μόνος του δεν είναι τόσο πλούσιος για να διατηρήσει την ύπαρξή του.

Κάπου αλλού φανερώθηκε χρόνος και χώρος αλλά και εκεί διαλύθηκαν στη σκόνη τους, στα συγχωνευμένα αντίθετα, με άλλα λόγια στο τίποτε.

Τα σημειοδιαμορφώματα φανερώθηκαν πάλι και πάλι και πάλι. Κάθε φορά το διαμόρφωμα σχημάτιζε χρόνο και διαμέσου αυτού του διαμορφώματος τα σημεία εξασφάλιζαν την υπόστασή τους. Μερικές φορές η τύχη οδηγούσε στο σχηματισμό δισδιάστατων διαμορφωμάτων χρόνου· επειδή όμως το εμπρός και το πίσω θα ήταν το ίδιο, τα αντίθετα δεν διακρίνονταν μεταξύ τους. Έλειπε λοιπόν η ευστάθεια και τα αντίθετα συγχωνεύονταν πίσω στο τίποτε.

Μερικές φορές η τύχη διαμόρφωνε τα σημεία σε χώρο και χρόνο· όμως δεν υπήρχε δυνατότητα για πολυπλοκότητα και το διαμόρφωμα σκόνταφτε και κατέρρεε. Έχανε το χρόνο, και χάνοντάς τον έχανε και την υπόστασή του.

Κατόπιν, τυχαία, ήρθε η δική μας διαταραχή. Τα σημεία απέκτησαν υπόσταση γιατί συνέστησαν χρόνο που αυτή τη φορά, σ' αυτό το διαμόρφωμα, συνοδεύονταν με τρισδιάστατο χώρο. Έτσι γεννήθηκε μια γεωμετρία που είχε πολυπλοκότητα αλλά και λεπτότητα. Η πολυπλοκότητά της πηγάζει από την πυκνότητα των γειτονικών σημείων και της εξασφαλίζει επαρκείς διακρίσεις ώστε να υπάρξει ύλη, ενέργεια και δυνάμεις· και



Ένα σφαιρικό Σύμπαν που διαστέλλεται φαίνεται όλο και περισσότερο επίπεδο

μαζί τους έρχεται η ευστάθεια, αργότερα τα χημικά στοιχεία και πολύ αργότερα οι ελέφαντες. Τώρα ξέρουμε ότι αυτή η διαταραχή επιβιώνει.

Η αρχική γέννηση του χωρόχρονου τον άφησε πτυχωμένο και στρεβλωμένο. Οι τοπικές πτυχώσεις που απετέλεσαν σταθερούς κόμπους είναι τα σωματίδια τα οποία σήμερα συνιστούν πράγματα όπως οι ελέφαντες. Διαφορετικά είδη σωματιδίων είναι διαφορετικά είδη κόμπων στη δομή του χωρόχρονου ενώ διαφορετικοί κόμβοι είναι διαφορετικά συναθροίσματα (όπως οι συνηθισμένοι κόμβοι είναι διαφορετικά τυλίγματα σχοινιού) από δυαδικές οντότητες που αποκτούν υπόσταση με τη δημιουργία. Έτσι, τα διαφορετικά σωματίδια είναι διαφορετικές τοπικές τοπολογικές δομές του χωρόχρονου. Η ενσωμάτωση αυτών των τοπικών δομών στο χωρόχρονο έχει απώτερες συνέπειες. Ειδικότερα, προκαλεί το φαινόμενο της βαρύτητας, τη συμπαντική παραμόρφωση του χωρόχρονου.

Η τάση του Σύμπαντος είναι να αποκτήσει μια κοσμική ομοιομορφία, μια τρισδιάστατη «επιπεδότη-τα». Η ενέργεια που περιλαμβάνει ύλη είναι περιελιγμένος χωρόχρονος. Ο περιελιγμένος χωρόχρονος είναι το ελατήριο του Σύμπαντος ενώ όλες οι δραστηριότητές μας, όπως κάθε είδους δραστηριότητα, είναι όψεις του ξετυλίγματός του. Η εξέλιξη του Σύμπαντος είναι η διασπορά των πτυχώσεων του χωρόχρονου.

Ως προς το μέλλον του Σύμπαντος υπάρχουν δύο ενδεχόμενα.

Στο πρώτο, οι κόμβοι χαλαρώνουν και λύνονται, οι τοπικές πτυχώσεις εξαφανίζονται και με τον καιρό ο χωρόχρονος γίνεται παντού ομοιόμορφος και αιώνια επίπεδος. Το Σύμπαν συνεχίζει να υπάρχει αλλά πια είναι τέλεια ξεκούρδιστο. Δεν έχει καμιά δραστηριότη-

Υπάρχουν ζεύγη από ένα κουάρκ και ένα αντικουάρκ υπεύθυνα για τις ισχυρές πυρηνικές δυνάμεις. Ως τώρα έχουν παρατηρηθεί μόνο τριάδες κουάρκ ή ζεύγη κουάρκ-αντικουάρκ. Πειράματα με πρωτόνια απέδειξαν την εσωτερική δομή των πρωτονίων, ότι δηλαδή συμπεριφέρονται όπως θα περιμέναμε από μια τριάδα κουάρκ. Φαίνεται πως τα κουάρκ δρουν ως αδιάστατα σημεία (όπως τα ηλεκτρόνια)^{7,19,76}. Έχουν διατυπωθεί υποθέσεις σχετικά με την πιθανή εσωτερική δομή του κουάρκ⁷⁷, οι οποίες, αν είναι σωστές ίσως καταφέρουν να εξηγήσουν την ασυμμετρία ύλης/αντιύλης που παρατηρούμε στο Σύμπαν.

τα γιατί είναι ομοιόμορφα και αμετάκλητα νεκρό.

Στο δεύτερο, μπορεί να υπάρχουν τόσο πολλοί κόμποι και το λύσιμό τους να είναι τόσο βραδύ ώστε οι συνδυασμένες και πολύ μακρινές πτυχώσεις τους να ξανατυλίξουν το ελατήριο σε τέτοιο σημείο που το Σύμπαν να εκτιναχθεί εκ νέου. Αυτή η εκτίναξη δεν είναι δημιουργία αλλά ανανέωση. Πράγματι, ίσως σήμερα να ζούμε σε ανανεωμένο Σύμπαν ενώ η πραγματική δημιουργία συντελέστηκε πριν από γενεές Συμπάντων. Τα Σύμπαντα που αναπλάθονται ίσως συνιστούν μια συνεχή, ατέρμονη κατάσταση για το μέλλον, αλλά στο μακρινό παρελθόν το Σύμπαν πρέπει να εκτινάχθηκε κάποτε από μία μοναδική πραγματική δημιουργία (εφόσον ο χρόνος δεν είναι κυκλικός).

Και τελικά υπάρχει το παρόν.

Πρόσφατα, το δικό μας Σύμπαν πήρε ζωή. Η ζωή του, η κάθε είδους δραστηριότητά του, εξασφαλίζεται από την ισορροπία των εντάσεων των δυνάμεων που κυβερνούν την κίνηση, των δυνάμεων που συγκροτούν τα άτομα, και αυτών που συνδέουν τα άτομα σε ελέφαντες και γαλαξίες.

Απ' όλες τις δυνάμεις, οι βαθύτερες αλλά και ισχυρότερες συνδέουν στενά τα βασικά συστατικά του αισθητού κόσμου, τα κουάρκ. Τα κουάρκ, ή τουλάχιστον τα υποθετικά συστατικά του κόσμου, φαίνεται πως δεν έχουν καμιά εσωτερική δομή και γι' αυτό ακριβώς αρχίζουμε να πιστεύουμε πως το κρεμμύδι ξεφλουδίστηκε. Είναι πράγματα χωρίς έκταση· βρίσκονται πάντα σε τριάδες και οι δυνάμεις που τα συγκρατούν είναι τόσο ισχυρές ώστε ο χωρισμός τους να φαίνεται σαν μια προοπτική τόσο μακρινή όσο ο χωρισμός των τριών διαστάσεων του χώρου· ίσως γι' αυτό ακριβώς δεν είναι δυνατό να χωριστούν. Στα κουάρκ βρίσκουμε

Ως τώρα δεν υπάρχει ουσιαστική πρόοδος στην ερμηνεία των αριθμητικών τιμών των θεμελιωδών σταθερών. Αυτό μπορεί να σημαίνει ότι δεν υπάρχει περίπτωση να πραγματοποιηθεί μια τέτοια πρόοδος, όπως π.χ. να εξηγηθεί η αριθμητική τιμή του π (3,14) που χρησιμοποιούμε για να υπολογίσουμε το μήκος μιας περιφέρειας ενός κύκλου όταν γνωρίζουμε την ακτίνα του ή αντίστροφα. (Θα υπήρχε κάποια πρόοδος αν βρίσκαμε ότι αυτές οι σταθερές αποτελούν εγγενείς τοπολογικές παραμέτρους). Δεν είναι λίγοι αυτοί που με διάφορους στατιστικούς συνδυασμούς του π δίνουν την αριθμητική τιμή του α , ενώ δεν πρέπει να μας διαφεύγει το πόσο πολλοί συνδυασμοί ορισμένων αριθμών μπορούν κάλλιστα να δώσουν τιμές κοντά σ' αυτήν του α $(1/137, 0360)^{ST}$. Ο απλούστερος τύπος για το α , που δίνει την πειραματική τιμή του για το έτος 1980 με προσέγγιση επτά σημαντικών ψηφίων είναι ο $\frac{1}{\sqrt{137^2 + \pi^2}}$ αυτό όμως θα μπορούσε να είναι μια απλή σύμπτωση. Ίσως το πρόβλημα να σχετίζεται με

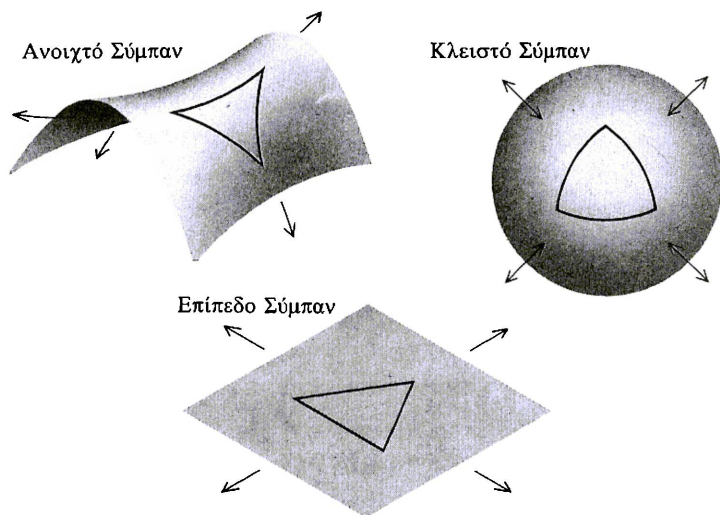
την (ή περίπου την) πρωταρχικότερη εκδήλωση του τρόπου που δένονται εσωτερικά τα θεμελιώδη συστατικά ενώ η απεμπλοκή των τριών κουάρκ από μια τριάδα να μοιάζει πιθανώς με το ξεμπέρδεμα του χώρου.

Υπάρχουν όμως και άλλες δυνάμεις. Υπάρχει η βαρύτητα που ασκείται ανάμεσα στα πάντα, ανάμεσα σε κόκκους ενέργειας και ύλης καθώς και ανάμεσα σε διαφορετικούς κόκκους ύλης, και η οποία, μολονότι εξαιρετικά ασθενής, με την αναγκαιότητά της και την πανταχού παρουσία της συνδέει το Σύμπαν σε μία ενότητα. Υπάρχει επίσης η ηλεκτρική δύναμη που συγκρατεί τα ηλεκτρόνια χαλαρά γύρω από τους πυρήνες σχηματίζοντας άτομα, τις λεπτές δομές οι οποίες διαθέτουν την κατάλληλη ευαισθησία και πλαστικότητα που χρειάζονται για την εξέλιξη της λεπτεπίλεπτης ιδιότητας που ονομάζουμε ζωή. Υπάρχουν ακόμα οι ισχυρές και οι ασθενείς δυνάμεις, αυτές δηλαδή που ασκούνται ανάμεσα στα στοιχειώδη σωματίδια, τους θεμελιώδεις κόμπους του χωρόχρονου.

Η ισορροπία των εντάσεων αυτών των δυνάμεων έχει αποφασιστική σημασία για την εμφάνιση της ενσυνείδητης ζωής που γνωρίζουμε ενώ ξένα και άγνωστα Σύμπαντα μπορεί να είναι σπαρμένα στο κενό έχοντας τόσο μικρή σκοπιμότητα όση και το δικό μας.

Αν η ένταση των δυνάμεων που συγκρατούν τους ατομικούς πυρήνες ήταν λίγο ισχυρότερη ή λίγο ασθενέστερη δεν θα υπήρχε Χημεία στο Σύμπαν και θα απουσίαζε η ζωή, δηλαδή η Βιολογία, που κατ' ουσίαν είναι φυσική με το μανδύα της Χημείας. Αν η ηλεκτρική δύναμη ήταν ελάχιστα ισχυρότερη απ' ό,τι τώρα, η εξέλιξη στη Γη δεν θα έφτανε στην ανάπτυξη οργανισμών ούτε μετά από ολόκληρο το διάστημα ζωής του Ήλιου. Αν ήταν ελάχιστα ασθενέστερη, τα άστρα δεν θα είχαν

τη εξήγηση της τιμής της χρυσής τομής⁷⁸ $\phi = \frac{1}{2} (1 + \sqrt{5}) = 1.61803$.



Όπως αναφέραμε παραπάνω, το ερώτημα αν το Σύμπαν είναι ανοιχτό ή κλειστό παραμένει αναπάντητο· εντούτοις φαίνεται επικρατέστερη η άποψη ότι είναι κλειστό. Αυτό ταιριάζει καλύτερα με την υπόθεση ότι κατά τη δημιουργία του κόσμου σχηματίστηκε πεπερασμένη ποσότητα ύλης. Ένα ανοιχτό, αιώνιο Σύμπαν θα είχε άπειρη χωρική έκταση σε οποιαδήποτε εποχή, ακόμη και τη στιγμή που θα άρχιζε να υπάρχει.

πλανήτες και το φαινόμενο της ζωής θα ήταν άγνωστο.

Το ότι εμφανίστηκε ένα τέτοιο Σύμπαν σαν το δικό μας με τις ακριβείς ισορροπίες δυνάμεων δίνει ίσως την αίσθηση ενός θαύματος υποβάλλοντας έτσι μιαν ανάγκη για κάποια μορφή παρέμβασης. Εντούτοις, τίποτε δεν είναι ανεξήγητο. Προς το παρόν δεν βλέπουμε ακόμη τόσο μακριά ώστε να αποφανθούμε για τη σωστή εξήγηση, μπορούμε όμως να είμαστε βέβαιοι ότι η παρέμβαση δεν ήταν αναγκαία. Η τύχη από γενναιοδωρία έδωσε κατάλληλες εντάσεις σ' αυτές τις δυνάμεις. Αν δεν ήταν τόσο κατάλληλες, το Σύμπαν θα έμενε συνεχώς το ίδιο, δεν θα περιλάμβανε άστρα και πλανήτες ή θα διαρκούσε μόνο μία στιγμή ή θα παρέμενε αιώνια σε υπέρπυκνη κατάσταση. Δεν θα είμαστε καθόλου σοφότεροι και καθόλου πιο θλιβεροί, για τον απλούστατο λόγο ότι δεν θα υπήρχαμε. Είναι όμως δυνατό η τύχη ενεργώντας από μόνη της να είναι τόσο ευνοϊκή;

Πιθανώς η τύχη να σκόνταψε στην καλοτυχία· όχι από την αρχή αλλά κάποια κατάλληλη στιγμή, γιατί ένα Σύμπαν που διαγράφει συνεχόμενους κύκλους μπορεί σε κάθε εκτίναξή του να εμφανίζεται με διαφορετικές εντάσεις δυνάμεων. Στον δικό μας συμπαντικό κύκλο που μπορεί να είναι ο πρώτος, όπως θα μπορούσε να είναι και ο δεκάκις δισεκατομμυριοστός από τον καιρό της πραγματικής δημιουργίας, παρουσιάστηκε μια χωροχρονική δομή με ένα πλέγμα δυνάμεων που συμβαίνει να είναι ακριβώς αυτό που χρειάζεται για να εμφανιστεί τελικά η συνείδηση. Η τυχαία σύσταση ή ανασύσταση του Σύμπαντος ήταν τέτοια ώστε να αποκτήσει αυτογνωσία. Αυτό μπορεί να συνέβη αναρίθμητες φορές στο παρελθόν, όπως το ίδιο μπορεί να συμβεί και στο μέλλον. Μπορεί επίσης να υπήρξαν προηγούμενα Σύμπαντα χωρίς αυτογνωσία όπως και άλλα χωρίς

Έχει μελετηθεί ο ρόλος των μεγεθών των θεμελιωδών φυσικών σταθερών και ειδικότερα στο κατά πόσο συνέβαλαν να εξελιχθεί η συνείδηση ως το σημείο να είναι σε θέση να ασχολείται με τέτοια ζητήματα^{18, 79, 1Δ, 1Ε, 1ΣΤ}. Επίσης έχει αντιμετωπιστεί το ενδεχόμενο της μεταβολής των θεμελιωδών σταθερών με τη πάροδο του χρόνου^{80, 81}. Ο Carter παρατήρησε ότι η διάκριση των άστρων της κύριας ακολουθίας σε κυανούς γίγαντες και ερυθρούς νάνους εξαρτάται από μια κρίσιμη σύμπτωση ανάμεσα στις εντάσεις των ηλεκτρομαγνητικών και των βαρυτικών αλληλεπιδράσεων. Αν η βαρύτητα ήταν ελάχιστα ισχυρότερη (ή η τιμή του α ελάχιστα μικρότερη) (σελ.26), όλα τα άστρα της κύριας ακολουθίας θα ήταν κυανοί γίγαντες. Φαίνεται πως ο σχηματισμός των πλανητών σχετίζεται με τους ερυθρούς νάνους και συνεπώς σε μια τέτοια περίπτωση δεν θα σχηματίζονταν οι πλανήτες και ίσως ούτε η συνειδητότητα. Οι Carr και Rees¹⁸ ασχολήθηκαν λεπτομερώς με το συγκεκριμένο θέμα και περιέλαβαν στη μελέτη τους τα μεγέθη των πλανητών, των βουνών, των ανθρώπων και τις φθορές τους, καθώς και την κατανομή των χημικών στοιχείων.

καμιά ιδιότητα. Ευτυχώς, αυτά τα Σύμπαντα κατέρρευσαν και τώρα είναι η σειρά μας, όπως αργότερα μπορεί να έρθει η σειρά άλλων.

Είναι δυνατόν το Σύμπαν να οφείλεται σε μια μοναδική έκρηξη. Μία και μόνη δημιουργία, ένα μοναδικό κούρδισμα ελατηρίου και ύστερα η μη αντιστρεπτή πορεία σε μια ξεκουρδισμένη ομοιομορφία και κοσμική επιπεδότητα. Απόλυτη, τελική επιπεδότητα χωρίς καμιά δραστηριότητα και χωρίς προσδοκία για αναζωογόνηση των δραστηριοτήτων. Νεκρός, επίπεδος χωρόχρονος.

Σ' ένα τέτοιο Σύμπαν, πίσω από τη γενναιοδωρία των δυνάμεων δεν υπάρχει καμιά σκοπιμότητα. Το Σύμπαν θα μπορούσε να προικιστεί κατά τύχη με αυτές τις δυνάμεις και τις εντάσεις τους ενώ εμείς, που ζούμε μέσα από την τύχη, τις κληρονομήσαμε χωρίς να ξέρουμε πώς θα ήταν τα πράγματα αν συνέβαιναν αλλιώς. Θα μπορούσε οι εντάσεις των δυνάμεων να άλλαζαν με την πάροδο του χρόνου και εμείς να ζούμε σε μια εποχή του Σύμπαντος που κατά σύμπτωση ευνοεί την ύπαρξή μας. Το Σύμπαν ξύπνησε σ' αυτή την εποχή των ευνοϊκών συνθηκών και η συνείδηση εμφανίστηκε όχι από ανάγκη αλλά από σύμπτωση. Όταν περάσει αυτή η εποχή και οι δυνάμεις πάρουν νέες τιμές εντάσεων, το Σύμπαν θα επιστρέψει στον ύπνο του. Εμείς, εμείς το Σύμπαν, είμαστε ξύπνιοι μόνο τώρα και είμαστε υποχρεωτικά ξύπνιοι στην περίοδο της εύνοιας.

Υπάρχει το ενδεχόμενο η δημιουργία του χωρόχρονου ως μια μετάβαση από το κενό να οδηγεί αναγκαστικά στις εντάσεις των δυνάμεων που ξέρουμε, γιατί οι δυνάμεις είναι εκδηλώσεις της δομής του χωρόχρονου. Αλλά και αυτό δεν συνεπάγεται την ύπαρξη σκοπιμότητας· εξακολουθούμε να είμαστε τα παιδιά μιας άσκοπης

Η βασική επιστήμη μπορεί να πλησιάζει στο τέλος της και ίσως να ολοκληρωθεί στην επόμενη γενιά. Παρόμοιες απόψεις έχουν υποστηριχθεί στο παρελθόν, αλλά τότε οι άνθρωποι έκαναν το λάθος να θεωρούν απλό το μικρό. Θα είμαστε σίγουροι πως φτάσαμε στο τέλος μόνον όταν η δομή διευκρινιστεί σε τέτοιο σημείο ώστε να μην υπάρχει η ανάγκη για παραπέρα δομή (όταν φτάσουμε στην έσχατη απλότητα, όπως είναι η απουσία χωρικής έκτασης). Η βασική επιστήμη θα φτάσει στο σημείο σταθεροποίησης μόνον όταν τα πάντα θα εξηγούνται με εξαιρετικά απλούς όρους, όταν όλα βρίσκονται στη θέση τους χωρίς να χρειάζεται να εξηγούμε τις ιδιότητές τους.

Αυτό δεν σημαίνει ότι η επιστήμη ως σύνολο δεν θα χρειάζεται. Υπάρχουν εξαιρετικά δύσκολα και σημαντικά ερωτήματα, όπως αυτά που αφορούν τις λεπτομέρειες των βιολογικών λειτουργιών και τα οποία θα παραμείνουν τουλάχιστον για μερικές εκατοντάδες χρόνια. Τα ερωτήματα αυτού του τύπου σχετίζονται με την εξερεύνηση των κλάδων του δέντρου της γνώσης ενώ η θεμελιώδης φύση του κόσμου, οι ρίζες του δέντρου, θα είναι σύντομα γνωστά πράγματα, τόσο ποιοτικά όσο και ποσοτικά.

ιότητος. Οι δυνάμεις, οι θεμελιώδεις σταθερές της Φύσης όπως η ταχύτητα του φωτός και η ποσότητα του ηλεκτρικού φορτίου μπορεί να μην είναι σημαντικότερες από τη δομή του χωρόχρονου, ή την περιγραφή που δίνουμε εμείς σ' αυτή τη δομή, και δεν θά 'πρεπε να απορούμε για τις τιμές τους περισσότερο απ' όσο απορούμε για την τιμή 1,609344 χιλιόμετρα/μίλι ή για την τιμή 3,14. Μπορείτε να είστε βέβαιοι πως όταν καταφέρουμε να τις εξηγήσουμε, θα είμαστε έτοιμοι να προχωρήσουμε σ' ένα καινούργιο κεφάλαιο της Φυσικής.

Όταν θα καταφέρουμε να εξηγήσουμε το αναπόφευκτο αυτών των θεμελιωδών σταθερών, οπότε θα μπορούμε να τις απομακρύνουμε ως ασήμαντες, τότε θα έχουμε φτιάσει στην πλήρη κατανόηση. Ήδη βρισκόμαστε πολύ κοντά σ' αυτό το σημείο. Η τέλεια γνώση βρίσκεται σχεδόν στα χέρια μας. Η κατανόηση φωτίζει σιγά σιγά τα πρόσωπα της Γης σαν την ανατολή του Ήλιου.