

## ΤΟ ΦΑΝΤΑΣΜΑ ΤΗΣ ΟΠΕΡΑΣ

### Η ΑΡΧΗ ΤΗΣ ΑΒΕΒΑΙΟΤΗΤΑΣ ΚΑΙ Η ΑΝΑΔΥΣΗ ΤΗΣ ΖΩΗΣ ΣΤΟ ΣΥΜΠΛΗΝ

Το 2008 οι *Times* του Λονδίνου δημοσίευσαν έναν κατάλογο με τα εκατό πιο πολυσυζητημένα βιβλία της μεταπολεμικής περιόδου. Ανάμεσά τους περιλαμβάνεται κι ένα βιβλιαράκι που με είχε ιδιαίτερα ελκύσει τα φοιτητικά μου χρόνια. Τίτλος του βιβλίου, *The two cultures*: οι δύο πολιτισμοί, οι δύο κουλτούρες. Συγγραφέας του ο βρετανός φυσικός και μυθιστοριογράφος Τσαρλς Πέρσυ Σνόου.

Μέσα στις λίγες σελίδες του το μικρό αυτό βιβλίο έθιγε ένα καίριο ζήτημα του δυτικού πολιτισμού, όπως αυτός θεμελιώθηκε πάνω στην επιστημονική επανάσταση του 17ου αιώνα και τη χιονοστιβάδα τεχνολογικών εξελίξεων που ακολούθησε. Το ζήτημα που επισήμαινε το βιβλίο ήταν το διευρυνόμενο χάσμα ανάμεσα στις θετικές και τεχνολογικές επιστήμες από τη μια μεριά, και τις ανθρωπιστικές επιστήμες και την τέχνη από την άλλη. Ένα χάσμα που αντανακλάται ευθέως στη μονόπλευρη γενική παιδεία της

πλειονότητας των μορφωμένων πολιτών. Ενώ θεωρούμε, λέει ο Σνόου, αδιανόητο για έναν μορφωμένο άνθρωπο της εποχής μας να μην έχει, ας πούμε, διαβάσει ποτέ του ένα έργο του Σαίξπηρ, θεωρούμε απόλυτα φυσικό να μην έχει την παραμικρή ιδέα για το τι περίπου λέει ένας τόσο θεμελιώδης νόμος της φύσης όπως π.χ. ο δεύτερος νόμος της θερμοδυναμικής — ή η θεωρία της εξέλιξης και η παγκοσμιότητα του γενετικού κώδικα, για να προσθέσω δύο δικά μου παραδείγματα που θεωρώ σημαντικότερα.

Το κεντρικό μήνυμα του βιβλίου του Σνόου είναι απόλυτα σαφές όσο και αιχμηρό: η γενική παιδεία μας θα παραμένει ανάπηρη όσο συνεχίζει να βλέπει την επιστήμη απλώς ως κινητήρια δύναμη της τεχνολογίας — δηλαδή απλώς ως χρήσιμη — και όχι ως μια από τις θεμελιώδεις συνιστώσες του πολιτισμού μας. Χωρίς μια καλή γενική παιδεία πάνω στα μεγάλα επιτεύγματα της επιστήμης, ο σύγχρονος μορφωμένος άνθρωπος δεν θα συμβαδίζει με την εποχή του. Θα έχει χάσει ένα κορυφαίο της κομμάτι.

## Ο ΜΥΣΤΙΚΟΣ ΣΥΝΘΕΤΗΣ

Σε τούτο το κεφάλαιο θα επιχειρήσω να υπερασπιστώ με τους παραπάνω όρους μια θεμελιώδη επιστημονική ανακάλυψη που ανήκει στη δική μου επιστήμη, τη φυσική. Θα επιχειρήσω δηλαδή να δείξω γιατί η ανακάλυψη αυτή αποτελεί ένα κορυφαίο πνευματικό επίτευγμα του πολιτισμού μας, άξιο να συμπεριληφθεί στη βραχεία λίστα των θεμάτων

γενικής παιδείας για τα οποία ένας μορφωμένος πολίτης του καιρού μας θα έπρεπε να γνωρίζει κάτι. Πρόκειται για την περίφημη αρχή της αβεβαιότητας του Χάιζενμπεργκ, ή αρχή της απροσδιοριστίας, όπως επίσης λέγεται, η οποία ανακαλύφθηκε το 1927 και αποτελεί έκτοτε το θεμέλιο της φυσικής του μικρόκοσμου.

Γιατί όμως είναι τόσο σημαντική αυτή η αρχή από τη σκοπιά του μορφωμένου πολίτη; Σε ποια δικά του ερωτήματα, σε ποιες δικές του περιέργειες έρχεται να απαντήσει; Παρότι αυτό θα γίνει σύντομα σαφές, σπεύδω να πω από τώρα ότι, αν η αρχή της αβεβαιότητας δικαιούται να συμπεριληφθεί στη βραχεία λίστα που προανέφερα, είναι κυρίως για τούτο: χωρίς αυτόν τον παράξενο φυσικό νόμο —γιατί όντως είναι ένας παράξενος νόμος— καμία από τις θεμελιώδεις προϋποθέσεις που κάνουν δυνατή την ανάδυση της ζωής στο σύμπαν δεν θα ήταν παρούσα. Ένα σύμπαν χωρίς την αρχή της αβεβαιότητας θα ήταν σίγουρα ένα νεκρό σύμπαν. Η βασική «υπόσχεση» τούτου του κεφαλαίου είναι πλέον σαφής. Θα επιχειρήσω να δείξω ότι η αρχή της αβεβαιότητας «κρύβεται» πίσω από όλες τις βασικές φυσικές προϋποθέσεις που επιτρέπουν στο σύμπαν να φτάσει έως την αυτογνωσία.

Χρησιμοποίησα τη λέξη «κρύβεται» όχι τυχαία. Διότι η αρχή της αβεβαιότητας όντως κρύβεται. Δεν είναι ένας φυσικός νόμος που λειτουργεί στην επιφάνεια των πραγμάτων. Δηλαδή στο επίπεδο του δικού μας «χειροπιαστού» μακρόκοσμου. Στο προσκήνιο. Είναι ένας φυσικός νόμος του μικρόκοσμου. Του μακρινού και απρόσιτου στις

αισθήσεις μας μικρόκοσμου. Και από εκεί ελέγχει όλα όσα συμβαίνουν «επί σκηνής». Στο θέατρο του δικού μας αισθητού κόσμου. Η παράσταση δίδεται στους πάνω... ορόφους, αλλά η μουσική γράφεται στο... υπόγειο. Στα έγκατα της ύλης. Διότι εκεί βρίσκεται ο μυστικός συνθέτης, το φάντασμα της όπερας: η αρχή της αβεβαιότητας. Αυτή τη θεμελιώδη αρχή της φύσης —το φάντασμα της όπερας— θα επιχειρήσω να σας παρουσιάσω τώρα.

#### ΤΑ ΤΡΙΑ ΒΑΣΙΚΑ ΜΥΣΤΗΡΙΑ

Θα πρέπει όμως να εξετάσω πρώτα ποιες είναι εκείνες οι θεμελιώδεις φυσικές προϋποθέσεις που πρέπει να πληρούνται σε ένα σύμπαν ώστε να μην αποκλείεται εκ των προτέρων η δυνατότητα εμφάνισης ζωής σ' αυτό.

Η πρώτη τέτοια προϋπόθεση είναι μάλλον αυτονόητη. Είναι η σταθερότητα των ατόμων και των μορίων. Το να υπάρχουν δηλαδή άτομα και μόρια με την ίδια πάντα σταθερή δομή η οποία θα εγγυάται και τη σταθερότητα της χημικής συμπεριφοράς τους, χωρίς την οποία η αξιόπιστη λειτουργία εκείνης της περίτεχνα ρυθμισμένης χημικής μηχανής που λέγεται κύτταρο είναι απλώς αδιανόητη. Ωστόσο, στο πλαίσιο της παλιάς φυσικής η σταθερότητα των ατόμων (άρα και των μορίων) είναι απολύτως αδύνατη. Διότι, αν η παλιά φυσική ίσχυε πράγματι και στον μικρόκοσμο, τότε τα άτομα, λόγω της περιφοράς των ηλεκτρονίων γύρω από τους πυρήνες τους, θα συμπεριφέρονταν

ως μικροσκοπικές κεραίες και, επομένως, θα εξέπεμπαν ηλεκτρομαγνητικά κύματα, με αποτέλεσμα τα ηλεκτρόνια να χάνουν διαρκώς ενέργεια και τελικά να πέφτουν στον πυρήνα σε απειροελάχιστο χρόνο. Πριν καν προλάβουμε να «συλλάβουμε» την έννοια «άτομο», αυτό θα έχει βυθιστεί στην ανυπαρξία. Παίρνοντας μαζί του και κάθε ενδεχόμενο να συμβεί κάτι ενδιαφέρον σ' αυτό το σύμπαν.

Η σταθερότητα των ατόμων και των μορίων είναι λοιπόν το υπ' αριθμόν 1 μυστήριο που πρέπει να λυθεί, ώστε το φαινόμενο της ζωής να μην είναι εκ των προτέρων αδύνατο.

Όμως για την εμφάνιση —αλλά και τη διατήρηση— της ζωής στο σύμπαν απαιτείται επιπλέον και μια κατάλληλη θερμοκοιτίδα. Ένας κατάλληλος πλανήτης πρώτα απ' όλα (το οποίο ευτυχώς δεν είναι πρόβλημα, διότι κατάλληλοι πλανήτες είναι στατιστικά βέβαιο ότι υπάρχουν), αλλά κυρίως ένας κατάλληλος ήλιος ικανός να ακτινοβολεί ενέργεια για τουλάχιστον ένα δισεκατομμύριο χρόνια. Όσα δηλαδή απαιτούνται για να σχηματιστούν στην αρχέγονη ατμόσφαιρα του πλανήτη, υπό την επίδραση της υπερ-ιώδους ακτινοβολίας του ήλιου του, τα βασικά βιολογικά μόρια που συσσωρεύονται κατόπιν στους ωκεανούς, για να συνεχιστεί εκεί η διαδικασία της χημικής εξέλιξης μέχρι την εμφάνιση του πρώτου αυτοαναπαραγόμενου κυττάρου. Της πρωτόγονης ζωής.

Όμως και τούτη η δεύτερη θεμελιώδης προϋπόθεση για τη ζωή είναι αδύνατη μέσα στο πλαίσιο της παλιάς φυσικής. Με τον εξωφρενικό ρυθμό με τον οποίο εκπέμπει

ενέργεια στο διάστημα ένας ήλιος —π.χ. ο δικός μας— δεν θα μπορούσε να ζήσει περισσότερο από 10.000 χρόνια, ακόμα κι αν χρησιμοποιούσε το καλύτερο χημικό καύσιμο που γνωρίζουμε. Αλλά, με ένα χρονικό περιθώριο της τάξεως των 10.000 χρόνων, η πιθανότητα να δημιουργηθεί ζωή σε έναν πλανήτη είναι σίγουρα μηδενική. Μόλις διαπιστώσαμε λοιπόν ότι και η δεύτερη βασική προϋπόθεση για τη ζωή —η μακροβιότητα των άστρων— δεν είναι δυνατόν να εκπληρωθεί μέσα στο πλαίσιο της παλιάς φυσικής. Είναι και αυτή ένα μυστήριο όπως και η πρώτη.

Εκτός από τη σταθερότητα των ατόμων και τη μακροβιότητα των άστρων χρειαζόμαστε όμως και ένα κατάλληλο σύμπαν! Και αυτό είναι ακόμα πιο δύσκολο να το έχουμε. Αφού όλα ξεκίνησαν από μια Μεγάλη Έκρηξη, τότε το αρχέγονο σύμπαν δεν μπορούσε να είναι τίποτε άλλο παρά μια υπέρθερμη ταχέως διαστελλόμενη ομοιογενής μάζα από στοιχειώδη σωματίδια και φως, χωρίς καμία από τις κοσμικές δομές —γαλαξίες, άστρα, πλανήτες— που σήμερα γνωρίζουμε. Και το ερώτημα που έμενε αναπάντητο επί δεκαετίες ήταν τούτο: Πώς «έσπασε» η ομοιομορφία αυτού του αρχέγονου κοσμικού χυλού, αυτής της αρχέγονης καυτής σούπας, και μπόρεσε το σύμπαν να γίνει λίγο πυκνότερο σε κάποιες περιοχές του ώστε με την περαιτέρω ελκτική δράση της βαρύτητας να μαζευτεί εκεί η περιβάλλουσα ύλη και να σχηματιστούν έτσι οι γαλαξίες και μέσα σ' αυτούς τα άστρα, οι πλανήτες και τελικά εμείς; Ή, σε πιο καθημερινή γλώσσα: πώς «έκοψε» η σούπα;

Το ερώτημα ακούγεται απλοϊκό, όμως η απάντησή του είναι απολύτως αδύνατη μέσα στο πλαίσιο της παλιάς φυσικής. Η ρήξη της αρχέγονης κοσμικής ομοιομορφίας και η ανάδυση δομών στο σύμπαν είναι ένα τρίτο μυστήριο, εξίσου σκοτεινό με τα δύο προηγούμενα.

### Ο ΑΠΟ ΜΗΧΑΝΗΣ ΘΕΟΣ

«Τρία μυστήρια ζητούν λύση» θα μπορούσε λοιπόν να είναι ο τίτλος τούτης της ενότητας, αν η λύση δεν είχε προαναγγελθεί. Είναι η αρχή της αβεβαιότητας. Μια όντως πολύ παράξενη αρχή, η οποία εισάγει ένα στοιχείο θεμελιώδους τυχαιότητας στην περιγραφή των φυσικών φαινομένων στο μικροσκοπικό επίπεδο. Και ως αποτέλεσμα αυτής της τυχαιότητας, ορισμένες ιδιότητες των φυσικών συστημάτων —π.χ. η θέση και η ταχύτητα ενός μικροσκοπικού σωματιδίου— δεν μπορεί να είναι ταυτόχρονα γνωστές με απόλυτη ακρίβεια. Τα περιθώρια σφάλματος —ή, αλλιώς, οι απροσδιοριστίες— στη γνώση μας της θέσης και της ταχύτητας ενός σωματιδίου δεν γίνεται να μειώνονται ταυτόχρονα. Αν η απροσδιοριστία στη θέση μικραίνει, η απροσδιοριστία στην ταχύτητα θα μεγαλώνει ώστε το γινόμενο τους να παραμένει περίπου σταθερό. Γράφω έτσι τη μοναδική εξίσωση του κεφαλαίου:

ΑΡΧΗ ΤΗΣ ΑΒΕΒΑΙΟΤΗΤΑΣ:

$(\text{Απροσδιοριστία στη θέση}) \times (\text{Απροσδιοριστία στην ταχύτητα}) \cong \text{σταθερό}$

Όμως το πραγματικό περιεχόμενο της αρχής της αβεβαιότητας αναδεικνύεται αν την εφαρμόσουμε σε ένα σωματίδιο παγιδευμένο σε μια μικροσκοπική περιοχή, οπότε η θέση του είναι γνωστή με περιθώριο λάθους, δηλαδή απροσδιοριστία, όση και η διάσταση της φυλακής του. Εφόσον η απροσδιοριστία στη θέση του θα είναι τότε πολύ μικρή, η απροσδιοριστία στην ταχύτητά του θα είναι πολύ μεγάλη, οπότε και η ταχύτητά του η ίδια θα είναι μεγάλη κατά μέσο όρο. Οδηγούμαστε έτσι στο εξής εντυπωσιακό —και πολύ βαθύ— συμπέρασμα: όσο πιο μικροσκοπική είναι η φυλακή στην οποία είναι κλεισμένο ένα σωματίδιο, τόσο μεγαλύτερη είναι η ταχύτητά του κατά μέσο όρο, άρα τόσο μεγαλύτερη και η κινητική ενέργεια που υποχρεούται να έχει.

Ή, για να το πούμε πιο απλά: όσο μικρότερη είναι η φυλακή του, τόσο «ζωηρότερο» γίνεται το σωματίδιο. Όσο περισσότερο το «στριμώχνουμε», τόσο περισσότερο αντιδρά: τόσο περισσότερο «αγριεύει». Η αρχή της αβεβαιότητας οπλίζει δηλαδή τα σωματίδια του μικρόκοσμου με μια ακατανίκητη ικανότητα να αντιστέκονται στη φυλάκιση. Στον κλασικό μας κόσμο, ένας φυλακισμένος μπορεί άνετα να ηρεμήσει στο κελί του. Απλώς κάθεται ακίνητος σε μια γωνιά του. Στις μικροσκοπικές φυλακές —π.χ. στο εσωτερικό των ατόμων ή των μορίων— η ηρεμία δεν αποτελεί επιλογή. Δεν την επιτρέπει η αρχή της αβεβαιότητας. Οι έγκλειστοι σ' αυτές είναι σε κατάσταση διαρκούς —και υποχρεωτικής (!)— εξέγερσης, τόσο πιο βίαιης



μάλιστα όσο μικρότερη είναι η φυλακή τους. Αυτό είναι το πραγματικό νόημα της αρχής της αβεβαιότητας και σε αυτό βασίζεται η τεράστια εξηγητική της δύναμη, όπως θα δείξω αμέσως.

Η πιο μικροσκοπική φυλακή που υπάρχει στη φύση είναι σίγουρα ο ατομικός πυρήνας. Τι περιμένουμε λοιπόν να κάνουν οι έγκλειστοί του, δηλαδή τα πρωτόνια και τα νετρόνια που βρίσκονται στο εσωτερικό του; Σύμφωνα με τα παραπάνω, θα έχουν τεράστιες κινητικές ενέργειες ακριβώς επειδή είναι παγιδευμένα σε μια τόσο μικροσκοπική περιοχή. Ο πυρήνας είναι γίγαντας ενέργειας ακριβώς επειδή είναι νάνος μεγέθους. Η λύση του δεύτερου μυστηρίου είναι τώρα μπροστά στα μάτια μας. Ο ήλιος —ο κάθε ήλιος— μπορεί να ζει επί δισεκατομμύρια χρόνια επειδή χρησιμοποιεί όχι κοινό χημικό καύσιμο αλλά πυρηνικό καύσιμο. Κάνει πυρηνικές αντιδράσεις οι οποίες απελευθερώνουν ένα μέρος από την τεράστια κινητική ενέργεια που έχουν τα σωματίδια στο εσωτερικό των πυρήνων, ακριβώς επειδή είναι «στριμωγμένα» σ' έναν τόσο μικρό χώρο. Δεν υπάρχει ίχνος αμφιβολίας ότι η μακροβιότητα των άστρων, χωρίς την οποία δεν θα ήμασταν σήμερα εδώ, είναι γνήσιο τέκνο της αρχής της αβεβαιότητας.

Το ίδιο απλή είναι όμως και η εξήγηση του πρώτου μυστηρίου, δηλαδή της σταθερότητας των ατόμων. Αν τα ηλεκτρόνια έπεφταν πράγματι στον πυρήνα, όπως τους επιβάλλει η κλασική φυσική, τότε η θέση τους θα ήταν προσδιορισμένη με πολύ μεγάλη ακρίβεια και θα μεγάλωνε

αντίστοιχα η απροσδιοριστία στην ταχύτητά τους. Θα ανέπτυσαν επομένως μια μεγάλη μέση ταχύτητα που θα τα εκτόξευε ξανά μακριά από τον πυρήνα.

Το άτομο μπορεί έτσι να παρομοιωθεί μ' ένα σφαιρίδιο από καουτσούκ που, όταν συμπιεστεί πολύ, θα εκτιναχθεί απότομα μέχρις ότου βρει το μέγεθος ισορροπίας του. Μόνο που στην περίπτωση του ατόμου το ελαστικό σφαιρίδιο είναι... κενός χώρος. Παριστάνει απλώς την περιοχή —το λεγόμενο «νέφος πιθανότητας»— όπου είναι πιθανό να βρεθεί το ηλεκτρόνιο. Όσο κι αν μας σοκάρει, τα άτομα είναι τελείως κούφια, όπως και η μακροσκοπική πυκνή ύλη. Τα σωματίδια που την αποτελούν, τα ηλεκτρόνια και οι πυρήνες, έχουν πρακτικά μηδενικό όγκο. Ας μην το πάρουμε κατάκαρδα, όμως έτσι ακριβώς είναι: είμαστε κατά 99,99999...% άδειοι! Κενός χώρος. Και μας κάνει να φαινόμαστε συμπαγείς και ασυμπίεστοι η αρχή της αβεβαιότητας, η οποία δεν αφήνει τα σωματίδια που μας αποτελούν να «στριμωχτούν» το ένα δίπλα στο άλλο, αλλά τα κρατάει σε απόσταση. Αν το μόνο που είχε σημασία ήταν ο πραγματικός όγκος των σωματιδίων που μας αποτελούν —και δεν ασκούσαν ηλεκτρικές δυνάμεις μεταξύ τους όταν πλησιάζουμε— τότε θα περνάγαμε ο ένας μέσα από τον άλλο κυριολεκτικά σαν φαντάσματα! Η αρχή της αβεβαιότητας όχι μόνο είναι φάντασμα η ίδια, αλλά δίνει και στα σωματίδια του μικρόκοσμου μια σχεδόν φαντασματική ύπαρξη!

Για την εξήγηση του τρίτου μυστηρίου θα μου χρειαστεί ένα απλό ανάλογο του πραγματικού προβλήματος. Στον κλασικό κόσμο στον οποίο ζούμε, αν αφήσω ένα αντικείμενο —ας πούμε ένα μπαλάκι του πινγκ-πονγκ— πάνω σε ένα τραπέζι, η κατάσταση μέγιστης ηρεμίας του —δηλαδή ελάχιστης ενέργειας— είναι να μείνει ακίνητο πάνω στο τραπέζι. Αν όμως η αρχή της αβεβαιότητας ίσχυε και στον δικό μας κλασικό κόσμο —αυτόν που ονομάζουμε μακρόκοσμο—, η ακινησία αυτή θα ήταν ανέφικτη. Διότι σε έναν καθαρά κβαντικό κόσμο το μπαλάκι δεν επιτρέπεται να έχει ακριβώς προσδιορισμένη θέση, οπότε η επιλογή δεν είναι να μείνει ακίνητο πάνω στο τραπέζι, αλλά να «επιδιώξει» έναν λογικό συμβιβασμό ανάμεσα στη βαρύτητα —που θέλει να το κρατήσει πάνω στο τραπέζι— και την αρχή της αβεβαιότητας που απεχθάνεται τον υπερβολικό εντοπισμό της θέσης του. Το μπαλάκι θα εκτελεί έτσι μια τρεμώδη κίνηση με διαρκείς «σπασμωδικές» αναπηδήσεις τυχαίου ύψους πάνω στο τραπέζι.

Υποθέστε τώρα ότι καλύπτω όλο το τραπέζι με όμοια μπαλάκια το ένα δίπλα στο άλλο. Στον κλασικό μας κόσμο η εικόνα θα είναι εκείνη της απόλυτης ακινησίας της απόλυτης γαλήνης. Μια ήρεμη «θάλασσα» από ακίνητα λευκά σφαιρίδια. Ενέργεια μηδέν. Ας αφήσουμε τώρα το φάντασμα —την αρχή της αβεβαιότητας— να ανέβει στη «σκηνή». Να κυβερνήσει απευθείας και τον δικό μας κόσμο. Τι θα δούμε;

Τα μπαλάκια θα αρχίσουν να χορεύουν πάνω στο τραπέζι έναν τρελό χορό χωρίς καμιά προφανή χορογραφία που να συνδέει τις κινήσεις τους. Τυχαίες, ανεξάρτητες, σπασμωδικές αναπηδήσεις —αλλού μικρότερες και αλλού μεγαλύτερες— με αναμφίβολο όμως αποτέλεσμα την ανομοιόμορφη και συνεχώς μεταβαλλόμενη κατανομή της δυναμικής και κινητικής ενέργειας πάνω στο τραπέζι. Το συμπέρασμα είναι πολύ βαθύ όσο και γενικό. Σε έναν κόσμο που διέπεται από την αρχή της αβεβαιότητας η κατάσταση ελάχιστης δυνατής ενέργειας του σύμπαντος όχι μόνο δεν είναι μια κατάσταση ηρεμίας με μηδέν ενέργεια, αλλά είναι επιπλέον και μια κατάσταση ανομοιόμορφης κατανομής αυτής της ενέργειας στον χώρο. Η ενέργεια του σύμπαντος δεν μπορεί ούτε να μην είναι εκεί ούτε και να κατανέμεται ομοιόμορφα στον χώρο.

Απλουστεύω δραστικά, αλλά η βασική ιδέα είναι σωστή. Οι σπόροι της ανομοιομορφίας που επέτρεψαν στο σύμπαν να σχηματίσει γαλαξίες και όλες τις άλλες κοσμικές δομές ήταν κβαντικής προέλευσης. Οφείλονταν στην αρχή της αβεβαιότητας, σε συνδυασμό με μια εκρηκτική διαστολή του σύμπαντος στα πρώτα κλάσματα του δευτερολέπτου η οποία πήρε αυτούς τους μικροσκοπικούς σπόρους —αυτά τα μικρά πυκνώματα και αραιώματα στην κατανομή της κοσμικής ύλης και ενέργειας— και τους έδωσε κοσμικές διαστάσεις.

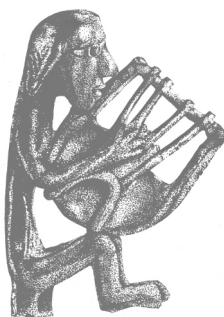
## ΤΟ ΚΛΑΜΑ ΤΟΥ «ΜΩΡΟΥ»: Η ΜΟΥΣΙΚΗ ΤΟΥ ΚΟΣΜΟΥ

Τι ήταν όμως αυτή η φυσική διαδικασία —αυτή η διάδοση πυκνωμάτων και αραιωμάτων ύλης στον κοσμικό χώρο— αν τη δούμε από τη σκοπιά της λυκειακής μας φυσικής; Δεν ήταν άραγε ένα ηχητικό κύμα —ένας ήχος— που διέτρεξε το σύμπαν απ' άκρου εις άκρον αμέσως μετά τη Μεγάλη Έκρηξη; Αυτό δεν μάθαμε ότι είναι ήχος; Μια εναλλαγή πυκνωμάτων και αραιωμάτων ύλης που διαδίδονται στον χώρο; Ποιο είναι λοιπόν το συμπέρασμα της προηγούμενης συζήτησης διατυπωμένο με έναν πιο γλαφυρό τρόπο; Δεν δικαιούμαστε να πούμε ότι είμαστε παιδιά αυτού του αρχέγονου ήχου, αυτής της αρχέγονης μουσικής που παρήγαγε το σύμπαν ακριβώς επειδή μπόρεσε να σπάσει την ομοιομορφία; Και χάρις σ' αυτό να δημιουργήσει γαλαξίες, άστρα, πλανήτες και, τελικά, ζωή; Τι άλλο ήταν λοιπόν αυτός ο αρχέγονος ήχος παρά το πρώτο κλάμα του μωρού; Η μουσική της ζωής;

Θα ήταν ωραίο αν μπορούσαμε να ακούσουμε για λίγο αυτή τη μουσική. Με πολύ χαμηλωμένη βέβαια την έντασή της και μετακινημένες τις συχνότητές της —ώστε να μπορεί να ακουστεί από το ανθρώπινο αυτί— κατά τα άλλα όμως να είναι μια πιστή προσομοίωση του πραγματικού ήχου με βάση τα πλούσια δεδομένα που σήμερα διαθέτουμε. Το έκανε αυτό ο αστροφυσικός Μαρκ Γουάιτλ από το Πανεπιστήμιο της Βιρτζίνια, και το αποτέλεσμα —χρησιμοποιήστε

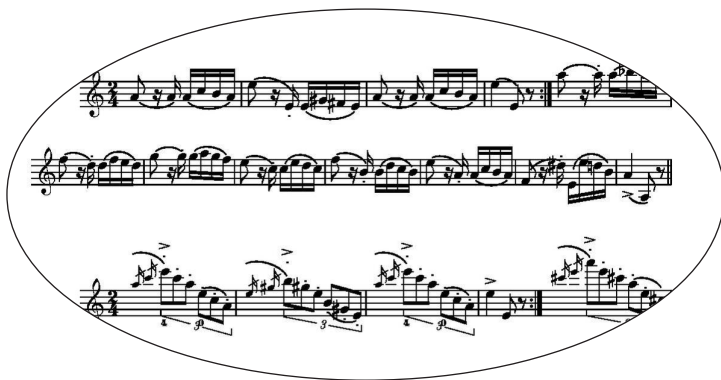
την ηχητική σας φαντασία αν θέλετε— είναι ένας οξύς ήχος, περίπου όπως κατά την προσγείωση ενός αεροπλάνου!

Αν πράγματι χρησιμοποιήσατε την ηχητική σας φαντασία, τότε ακούσατε την αρχαιότερη μουσική εκπομπή του κόσμου. Ακούσατε τη Μεγάλη Έκρηξη! Δεν ήταν βέβαια η καλύτερη μουσική που έχει γραφεί, ήταν όμως η πρώτη προσπάθεια. Μια κρίσιμη σίγουρα προσπάθεια, διότι, χάρις σε αυτήν —χάρις δηλαδή στα πυκνώματα και αραιώματα κοσμικής ύλης που τη συνόδευαν— μπόρεσε να τεθεί σε κίνηση μια αργόσυρτη διαδικασία ανέλιξης της ύλης που άρχισε με τον σχηματισμό των γαλαξιών, των άστρων και των πλανητών, και οδήγησε κάποτε —σε έναν απ' αυτούς τους πλανήτες, ενός απ' αυτά τα άστρα, στην άκρη ενός απ' αυτούς τους γαλαξίες— στην εμφάνιση ενός περίεργου είδους: του μουσικού ανθρώπου. Προικισμένου με την εξαίεση ικανότητα να αφουγκράζεται τη «μουσική των σφαιρών» και να την κάνει τραγούδι.



Ο «μουσικός άνθρωπος». Ένα κρίσιμο στάδιο στην ανέλιξη του ανθρώπου (που δεν θα είχε υπάρξει ποτέ χωρίς το «κλήμα του μωρού»: την αρχέγονη μουσική). Ορειχάλκινο αγαθματίδιο αρπιστή, 900-725 π.Χ. Αρχαιολογικό Μουσείο Ηρακλείου.

Και έτσι, όχι πολλά χρόνια αργότερα, μπόρεσε να ακουστεί —χρησιμοποιήστε τώρα τη μουσική σας φαντασία— ένα καλύτερο κομμάτι σαν αυτό:



Νικολò Παγκανίνι, Καπρίτσιο #24.

Και όλα αυτά χάρις σε εκείνον τον αρχέγονο ήχο. Χάρις σε εκείνη την αρχέγονη μουσική. Τη μουσική του κόσμου. Που τώρα πλέον —για την ακρίβεια, εδώ και είκοσι περίπου χρόνια— γνωρίζουμε και τον συνθέτη της. Γνωρίζουμε ότι την «έγραψε» η αρχή της αβεβαιότητας. Το φάντασμα της όπερας. Και το γνωρίζουμε χάρις στον ενθουσιασμό, τη δημιουργικότητα και την επίμονη προσπάθεια πολλών αφοσιωμένων αστροφυσικών και κοσμολόγων που σε λιγότερο από πενήντα χρόνια —από το 1965 έως σήμερα— μετέτρεψαν την κοσμολογία του αρχέγονου σύμπαντος από πεδίο ανεξέλεγκτης εικτολογίας σε εμπειρική επιστήμη. Ένα κορυφαίο επίτευγμα της φυσικής του 20ού αιώνα κι ένα από τα μεγαλύτερα όλων των εποχών.

ΤΟ ΦΑΝΤΑΣΜΑ ΜΕΣΑ ΜΑΣ:

ΤΟ ΠΡΟΒΛΗΜΑ ΤΗΣ ΕΛΕΥΘΕΡΗΣ ΒΟΥΛΗΣΗΣ

Σ' ένα σημείο του *Φαντάσματος της Όπερας*, ο Μάικλ Κρώφορντ και η Σάρα Μπράιτμαν τραγουδούν τους περίφημους στίχους: «The phantom of the Opera is there, inside your mind...». Το φάντασμα της όπερας είναι εκεί. Είναι μέσα στο ίδιο το μυαλό μας. Παραδόξως, στο ίδιο συμπέρασμα κατέληξαν και μεγάλοι φυσικοί και φιλόσοφοι του περασμένου αιώνα, λίγο μετά την ανακάλυψη της αρχής της αβεβαιότητας. Και δεν είναι προφανές ότι είχαν άδικο. Αν οι χημικές διεργασίες που λαμβάνουν χώρα στον εγκέφαλό μας διέπονται από τους κβαντικούς νόμους —δηλαδή από την αρχή της αβεβαιότητας— τότε σίγουρα το φάντασμα είναι μέσα στο μυαλό μας. Και εισάγει ενδεχομένως ένα στοιχείο θεμελιώδους τυχαιότητας —έναν μη αιτιοκρατικό παράγοντα— στη λειτουργία αυτής της κατά τα άλλα τόσο αξιόπιστης και περίτεχνα ρυθμισμένης χημικής μηχανής. Να, λοιπόν, η απελευθέρωση από τα δεσμά της κλασικής αιτιοκρατίας, η οποία λέει ότι η ελευθερία της βούλησης —αυτό το συστατικό στοιχείο της υπαρξιακής μας αξιοπρέπειας— είναι μια ψευδαίσθηση. Εγώ και οι πράξεις μου —έτσι λέει η παλιά φυσική— είμαι το προδικασμένο αποτέλεσμα των προδιαγεγραμμένων κινήσεων των ατόμων και των μορίων που με αποτελούν, αν όχι και εκείνων όλου του σύμπαντος. Όλα τα άλλα είναι αυταπάτες. Να, λοιπόν, που το φάντασμα μέσα μας είναι και ο ελευθερω-



τής μας. Ο εγγυητής της υπαρξιακής ελευθερίας μας. Αφήνει χώρο για το απρόβλεπτο. Για την ελεύθερη επιλογή. Ή μήπως την υπονομεύει με έναν πιο «ύπουλο» τρόπο; Αφήνοντάς μας έρμια μια ανερμήνευτη τυχειότητα; Εμείς τελικά αποφασίζουμε ή το φάντασμα μέσα μας παίζοντας ζάρια;

Όμως εδώ έχουμε ήδη αφήσει πίσω μας τη φυσική επιστήμη και έχουμε εισέλθει στο πεδίο της ηθικής φιλοσοφίας. Στο πεδίο των ανοιχτών ερωτημάτων — των εσαεί ανοιχτών ερωτημάτων. Επομένως στο πεδίο της ελευθερίας, για να χρησιμοποιήσω την έκφραση ενός καλού φίλου γι' αυτό το θέμα.

Έτσι λοιπόν, επιλέγω να κλείσω τούτο το κεφάλαιο, όχι με την επιστημονική απάντηση πάνω στο ερώτημα που έθεσα προηγουμένως —μια απάντηση που δεν υπάρχει—, αλλά με την απάντηση που εγώ επέλεξα να με εκφράζει. Την απάντηση του Σωκράτη. Γυρνάω λοιπόν πίσω στον χρόνο, αλλά στον ίδιο τούτο τόπο, στη χαλεπαίνουσα σήμερα πατρίδα μας, όταν η κατ' εξοχήν ελληνική ιδέα της νομοκρατούμενης φύσης —μιας φύσης που δεν εξαιρεί τον άνθρωπο από την επικράτειά της— έχει θέσει ευθέως το ζήτημα της ελεύθερης βούλησης, με τους ίδιους ακριβώς όρους που τίθεται και σήμερα.

Η απάντηση του Σωκράτη —όπως αποδίδεται στον πλατωνικό *Φαίδωνα*— ξεκινάει με μια εξομολογητική διήγηση για την αποτυχημένη προσπάθειά του να γνωρίσει τις αιτίες των πραγμάτων, και πώς ανέκτησε προς στιγμήν

τις ελπίδες του με τις θεωρίες του Αναξαγόρα ότι ο Νους είναι «ο διακοσμών τε και αίτιος πάντων». Και συνεχίζει ο Σωκράτης:

Αυτή όμως την ελπίδα γρήγορα την εγκατέλειψα όταν, καθώς προχωρούσα στην ανάγνωση, είδα έναν άνθρωπο [τον Αναξαγόρα] που δεν χρησιμοποιεί καθόλου τον νου ούτε αποδίδει σε κάποιες αιτίες την τάξη των πραγμάτων, αλλά ως αιτίες αναφέρει τον αέρα, τον αιθέρα και το νερό και πολλά άλλα παράλογα. Αυτό που κάνει μου φαίνεται πανομοιότυπο σαν να έλεγε κάποιος ότι ο Σωκράτης όσα κάνει τα κάνει με νου και έπειτα, επιχειρώντας να προσδιορίσει τις αιτίες των πράξεών μου, να πει ότι για αυτόν τον λόγο κάθομαι εδώ [στο κελί μου], γιατί το σώμα μου αποτελείται από οστά και νεύρα (...). Τα οστά αιωρούνται στα σημεία συναρμογής τους, τα νεύρα χαλαρώνουν και τεντώνονται και με κάνουν ικανό να κάμπτω τώρα τα μέλη μου. Και επειδή έκαμψα τα μέλη μου, για αυτήν την αιτία κάθομαι εδώ (...). Έτσι όμως αποφεύγει να πει την πραγματική αιτία, ότι δηλαδή, αφού οι Αθηναίοι θεώρησαν καλύτερο (βέλτιον) να με καταδικάσουν, για αυτόν ακριβώς τον λόγο θεώρησα και εγώ καλύτερο και δικαιότερο να μείνω εδώ και να υποστώ την ποινή που θα μου επιβάλλουν. Γιατί, μα την αλήθεια, πιστεύω ότι αυτά τα νεύρα και αυτά τα οστά θα ήταν από καιρό στα Μέγαρα ή στη Βοιωτία, αν δεν θεωρούσα ότι είναι πιο δίκαιο και πιο ωραίο, αντί να αποδράσω και να εξοριστώ, να υποστώ την ποινή που η πόλη μου επιτάσσει. (Πλάτων, *Φαίδων*, 98b 6-99a 5\*)

---

\* Βασίλης Κάλφας, «Εισαγωγή», στο: Αριστοτέλης, *Περί Φύσεως – Το δεύτερο βιβλίο των Φυσικών*, εισ.-μτφ.-σχολ. Βασίλης Κάλφας, Πόλις, 1999, σ. 49.

Παραθέτοντας τη σωκρατική απάντηση στο ζήτημα της ελευθέρης βούλησης —μαζί με την Απολογία, ένα από τα ιδρυτικά κείμενα του πολιτισμού μας— θέλησα να υπογραμμίσω ταυτόχρονα και τούτο: το πόσο «μικρή» είναι η επιστήμη όταν καλείται να προσφέρει απαντήσεις στα μεγάλα ερωτήματα της ανθρώπινης ύπαρξης. Δεν είναι αυτή η αποστολή της. Για τα ερωτήματα αυτά —τα εσαεί αναπάντητα— ο φιλόσοφος λόγος και η μεγάλη τέχνη θα συνεχίσουν να αποτελούν τη μοναδική κιβωτό μας. Το φάντασμα μέσα μας είναι σίγουρα υπεύθυνο για πολλά πράγματα, μεταξύ άλλων και για το «θαύμα» της ύπαρξής μας. Δεν είναι όμως αυτό που αποφασίζει για μας παίζοντας ζάρια στο υπόγειο. Ας το πάρουμε απόφαση: ουδείς φυσικός νόμος θα μας απαλλάξει ποτέ από το ευλογημένο βάρος της ελευθερίας μας. Της ελευθερίας να κάνουμε επιλογές και να είμαστε υπεύθυνοι γι' αυτές.