

Εξοχώτατε κ. Πρόεδρε της Ελληνικής Δημοκρατίας

Βρίσκομαι σήμερα σ' αυτήν εδώ την τιμητική θέση, επειδή η Επιτροπή του Βραβείου Εξαίρετης Πανεπιστημιακής Διδασκαλίας έκρινε ότι το ανορθόδοξο βιογραφικό μου –και τα προφανή κενά του– δεν ήταν επαρκής λόγος για να μην αναγνωριστεί κάποια αυτόνομη αξία στη δουλειά μου ως δασκάλου. Δεν έχω άλλο τρόπο να ανταποδώσω, παρά μόνο λέγοντας ένα πολύ ειλικρινές ευχαριστώ.

Το ίδιο ειλικρινά, ευχαριστώ και τον καθηγητή Βασίλη Δουγαλή για το «πορτραίτο μιας παρεκκλίνουσας περίπτωσης» που τόσο γενναιόδωρα φιλοτέχνησε, το Φυσικό Τμήμα του Πανεπιστημίου Κρήτης που έδωσε τη δυνατότητα στην «παρέκκλιση» να υπάρξει χωρίς να μεταμφιεστεί σε κάτι άλλο, και βέβαια τους πρώην φοιτητές μου –και ήδη πανεπιστημιακούς δασκάλους– που θεώρησαν ότι κάτι κέρδισαν από την διδασκαλία μου ώστε να με προτείνουν για το βραβείο. Ένα μεγάλο ευχαριστώ οφείλω επίσης στους δασκάλους μου Στέλιο Βασιλάκη, φιλόλογο στο Γυμνάσιο Ιεραπέτρας, και τους φυσικούς Γιάννη Ηλιόπουλο, Θανάση Κωστίκα και Sidney Coleman. Όμως τούτη την ώρα περισσότερο απ' όλους σκέφτομαι εκείνους τους ανήσυχους λίγους φοιτητές μου που δεν δίστασαν να «ξεκόψουν» από τις πολυσύχναστες διαδρομές και να πορευτούν στους δρόμους τους λιγότερο περπατημένους. Τους δικούς τους δρόμους. Δεν θα ξεχάσω ποτέ τις συζητήσεις που είχαμε μαζί. Χάρis σ' αυτές έχω πια πολύ λιγότερες βεβαιότητες στις αποσκευές μου.

Και έρχομαι τώρα στα δύσκολα. Με τι λόγια μπορώ να «υποδεχτώ» την απονομή ενός βραβείου που φέρει το όνομα του Βασίλη Ξανθόπουλου και του Στέφανου Πνευματικού; Το όνομα δύο ανθρώπων –του Βασίλη και του Στέφανου– με τους οποίους ευτύχησα να μοιραστώ τα πιο δημιουργικά μας χρόνια; Η περίπτωση

δεν μου επιτρέπει τίποτε περισσότερο από μια αδύνατη ευχή. Να μην είχαν ποτέ υπάρξει οι λόγοι που επέβαλαν τούτο το βραβείο.

Οι λόγοι όμως, δυστυχώς, υπήρξαν –το βέλος του χρόνου δεν γυρίζει πίσω– και ο Στέφανος και ο Βασίλης βρίσκονται πια στην κιβωτό της ατομικής και συλλογικής μας μνήμης. Αφήνοντας σε μας να διαχειριστούμε ό,τι πολυτιμότερο αντιπροσώπευαν στη ζωή τους –τη χαρά της δημιουργίας πάνω απ’ όλα– και ό,τι αργότερα επρόκειτο να συμβολίσει ο παράλογος θάνατός τους. Το φονικό στην εκκλησιά. Ο δάσκαλος νεκρός μπροστά στον πίνακα.

Το βραβείο που απονέμεται σήμερα εδώ –και που το περιβάλλει πάντα με την ύψιστη τιμή της παρουσίας του ο Πρόεδρος της χώρας μας– φέρει λοιπόν ένα βαρύ συμβολικό φορτίο. Ως νέο μέλος της επιτροπής του βραβείου θα προσπαθήσω να μην το ξεχάσω αυτό. Εκτός των άλλων, το χρωστάω στον Βασίλη και τον Στέφανο.

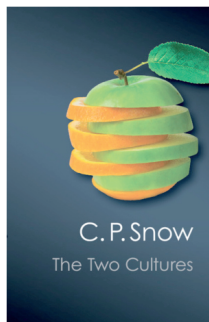
Και προχωρώ τώρα στο κύριο θέμα της ομιλίας μου με τίτλο **«Το φάντασμα της Όπερας: Ο ρόλος της αρχής της αβεβαιότητας στο σύμπαν»**.

*Το φάντασμα της Όπερας:
Ο ρόλος της αρχής της αβεβαιότητας στο σύμπαν*

του Στέφανου Τραχανά



Ήμουν ακόμα αναποφάσιτος σχετικά με το θέμα της σημερινής ομιλίας, όταν ανακάλεσα στη μνήμη μου ένα μικρό βιβλιαράκι που με είχε ιδιαίτερα ελκύσει τα φοιτητικά μου χρόνια. Και το οποίο, λίγες δεκαετίες αργότερα, ήταν στον κατάλογο με τα εκατό πιο πολυσυζητημένα βιβλία της μεταπολεμικής περιόδου που είχαν συντάξει και δημοσιεύσει οι *Times* του Λονδίνου το 2008.



Τίτλος του βιβλίου, *The two cultures* – Οι δύο πολιτισμοί – Οι δύο κουλτούρες. Συγγραφέας του ο Βρετανός φυσικός και μυθιστοριογράφος C.P. Snow. 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 επεσήμαινε 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 Snow– αδιανόητο για έναν μορφωμένο άνθρωπο της εποχής μας να μην έχει κάποτε διαβάσει π.χ. ένα *έργο του Σαίξπηρ*, εντούτοις το 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.

Σε κάθε περίπτωση, το κεντρικό μήνυμα του βιβλίου ήταν απόλυτα σαφές όσο και αιχμηρό. Η γενική παιδεία μας θα παραμένει ανάπηρη ενόσω 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.

Έχοντας ανακαλέσει τα παραπάνω, το θέμα της ομιλίας μου είχε ήδη προδιαγραφεί. Θα έπρεπε να αποφασίσω αν από το είδος της φυσικής που δίδαξα τόσα χρόνια υπήρχε κάτι που θα μπορούσα να το υπερασπιστώ με τους παραπάνω όρους. Δηλαδή ως *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. Και δεν είχα αμφιβολία ότι ένα τέτοιο «κομμάτι φυσικής» είχα πράγματι διδάξει, και ήταν τούτο: Η *αρχή της αβεβαιότητας του Heisenberg* ή η *αρχή της απροσδιοριστίας* όπως επίσης λέγεται.

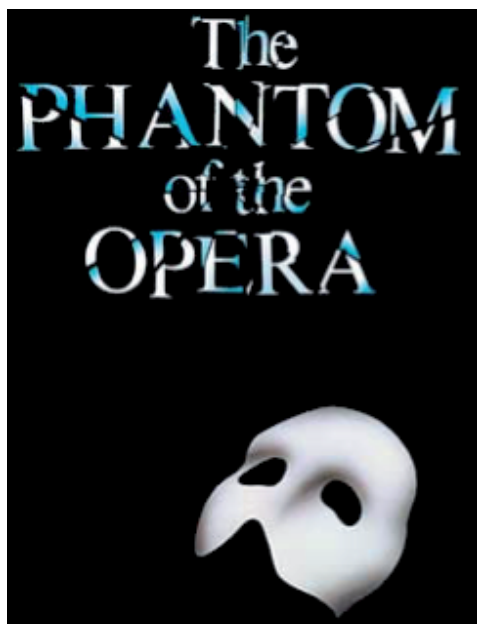


Ο Werner Heisenberg το 1926 –σε ηλικία 26 ετών– όταν ανακάλυψε την αρχή της αβεβαιότητας.

Γιατί όμως είναι τόσο σημαντική αυτή η αρχή από τη σκοπιά του μορφωμένου πολίτη; Ποια δικά του ερωτήματα, ποιες δικές του περιέργειες μπορεί να απαντήσει; Σπεύδω λοιπόν να πω αμέσως ότι αν η αρχή της αβεβαιότητας δικαιούται να συμπεριληφθεί στη βραχεία λίστα που ανέφερα πριν, είναι κυρίως για τούτο. Ότι χωρίς αυτόν τον παράξενο φυ-

σικό νόμο –γιατί όντως είναι ένας παράξενος νόμος– καμιά από τις θεμελιώδεις προϋποθέσεις που κάνουν δυνατή την ανάδυση της ζωής στο σύμπαν δεν θα ήταν παρούσα. Ένα σύμπαν χωρίς την αρχή της απροσδιοριστίας θα ήταν σίγουρα ένα νεκρό σύμπαν. Η βασική «υπόσχεση» της ομιλίας μου 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.

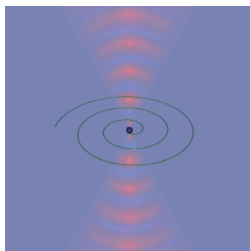
Χρησιμοποίησα τη λέξη «κρύβεται» όχι τυχαία. Διότι η αρχή της αβεβαιότητας όντως «κρύβεται». Δεν είναι ένας φυσικός νόμος που λειτουργεί στην επιφάνεια των πραγμάτων. Δηλαδή στο επίπεδο του δικού μας «χειροπιαστού» μακρόκοσμου. Στο προσκήνιο. Είναι ένας φυσικός νόμος του μικρόκοσμου. Του μακρινού και απρόσιτου στις αισθήσεις μας μικρόκοσμου. Και από εκεί ελέγχει όλα όσα συμβαίνουν «επί σκηνής». Στο θέατρο του δικού μας αισθητού κόσμου. 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 προσπαθήσω να σας παρουσιάσω σήμερα.



Το πιο επιτυχημένο μιούζικαλ στην ιστορία του είδους. Μια μουσική ιδιοφυΐα με παραμορφωμένο πρόσωπο εγκαθίσταται στα υπόγεια της Όπερας του Παρισιού, απ' όπου και «κατευθύνει» τις θριαμβευτικές εμφανίσεις της νεαρής πρωταγωνίστριας Χριστίνας, την οποία ο ίδιος έχει επιβάλει, τρομοκρατώντας τη διεύθυνση της Όπερας. Συμβολική αναφορά στη σκοτεινή –και ίσως γι' αυτό πολύ δημιουργική– πλευρά της ανθρώπινης προσωπικότητας.

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 αυτής της περίτεχνα ρυθμισμένης χημικής μηχανής που λέγεται *κύτταρο* είναι απλώς αδιανόητη. Όμως, στο πλαίσιο της παλιάς φυσικής η σταθερότητα των ατόμων (άρα και των μορίων) είναι απολύτως αδύνατη. Διότι, αν πράγματι ίσχυε η παλιά φυσική 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.



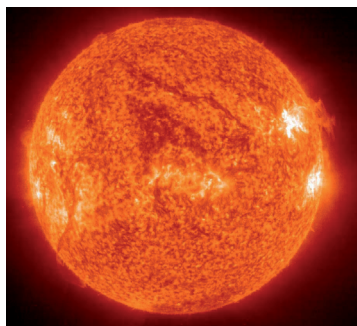
Μέσα σε απειροελάχιστο χρόνο, τα ηλεκτρόνια ενός «κλασικού ατόμου» θα έπεφταν στον πυρήνα, ακτινοβολώντας ηλεκτρομαγνητικά κύματα όπως μια ραδιοφωνική κεραία. Σ' έναν κλασικό κόσμο, η σταθερότητα των ατόμων είναι αδύνατη, άρα το ίδιο και η ύπαρξη ζωής.

[\[ΠΑΤΗΣΤΕ ΕΔΩ ΓΙΑ ΤΟ VIDEO\]](#)

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.

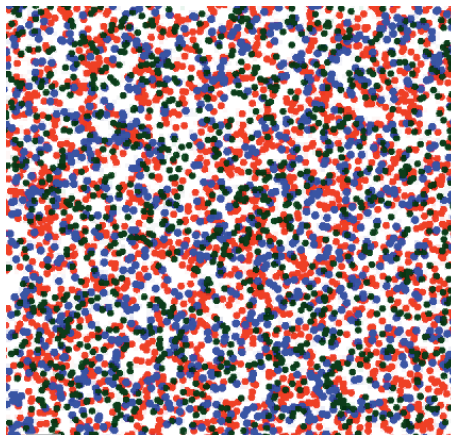
Όμως για την εμφάνιση –αλλά και τη διατήρηση– της ζωής στο σύμπαν απαιτείται επιπλέον και μια κατάλληλη *θερμοκοιτίδα*. Ένας **κατάλληλος πλανήτης** πρώτα απ’ όλα –το οποίο όμως δεν είναι πρόβλημα, διότι κατάλληλοι πλανήτες είναι στατιστικά βέβαιο ότι υπάρχουν– αλλά κυρίως **ένας κατάλληλος ήλιος** ικανός να ακτινοβολεί ενέργεια για τουλάχιστον ένα δισεκατομμύριο χρόνια. Όσα δηλαδή απαιτούνται για να σχηματιστούν στην αρχέγονη ατμόσφαιρα του πλανήτη –υπό την επίδραση της υπεριώδους 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.



Ο ήλιος μας – ένας τυπικός ήλιος. Ακόμα κι αν χρησιμοποιούσε το καλύτερο χημικό καύσιμο που γνωρίζουμε, θα έκαιγε όλη του τη μάζα –και συνεπώς θα «έσβηνε»– το πολύ σε 10.000 χρόνια. Και σ’ έναν τέτοιο χρονικό ορίζοντα, η δημιουργία ζωντανής ύλης, υπό την επίδραση της ηλιακής ακτινοβολίας, **είναι απολύτως αδύνατη**. Σ’ έναν κλασικό κόσμο, μακρόβια άστρα δεν είναι δυνατόν να υπάρχουν, άρα ούτε και ζωή.

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. Όμως, 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–



Το αρχέγονο σύμπαν:

Μια ομοιογενής «καυτή σούπα»
από στοιχειώδη σωματίδια και φως

[\[ΠΑΤΗΣΤΕ ΕΔΩ ΓΙΑ ΤΟ VIDEO\]](#)



Ο δικός μας γαλαξίας – το σπίτι μας

Που μπόρεσε να σχηματιστεί μόνο χάρις στο γεγονός ότι «έκοψε» η σούπα. Το οποίο όμως είναι αδύνατον να συμβεί στο πλαίσιο της παλιάς φυσικής.

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 σε αυτούς τα άστρα, οι πλανήτες και τελικά εμείς; Ή, σε πιο καθημερινή γλώσσα: Πώς «έκοψε» η σούπα;

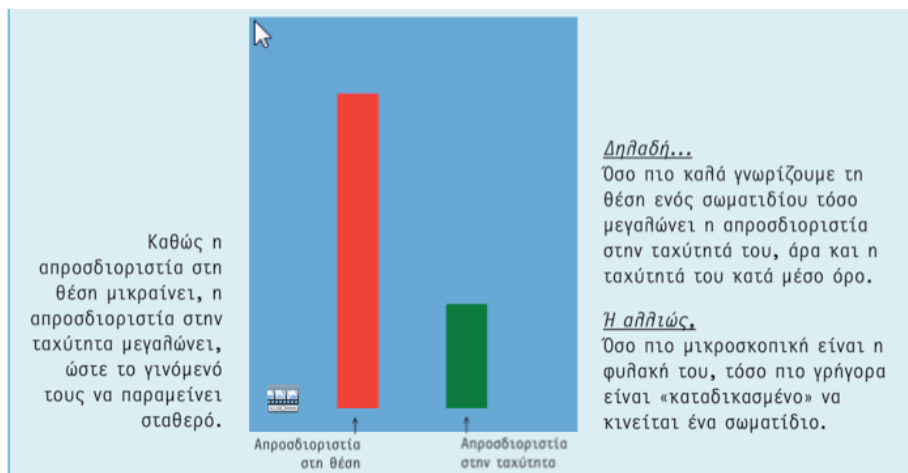
Το ερώτημα ακούγεται απλοϊκό, όμως η απάντησή του είναι απολύτως αδύνατη μέσα στο πλαίσιο της παλιάς φυσικής. Η ρήξη της αρχέγονης κοσμικής ομοιομορφίας και η ανάδυση δομών στο σύμπαν είναι ένα

μυστήριο εξίσου σκοτεινό με τα δύο προηγούμενα: Είναι το μυστήριο υπ' αριθμόν 3.

«Τρία μυστήρια ζητούν λύση» θα μπορούσε λοιπόν να είναι ο τίτλος της ομιλίας μου από δω και πέρα, 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 γίνονται να μειώνονται ταυτόχρονα. Αν η απροσδιοριστία στη θέση μικραίνει, η απροσδιοριστία στην ταχύτητα θα μεγαλώνει ώστε το γινόμενό τους να παραμένει περίπου σταθερό. Γράφω έτσι τη μοναδική εξίσωση της ομιλίας μου:

ΑΡΧΗ ΤΗΣ ΑΒΕΒΑΙΟΤΗΤΑΣ:

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



*Έτσι είναι η φύση των πραγμάτων στο μικροσκοπικό επίπεδο!
Αντίθετα με ό,τι πίστευε ο Einstein, «ο Θεός παίζει ζάρια με τον κόσμο».*

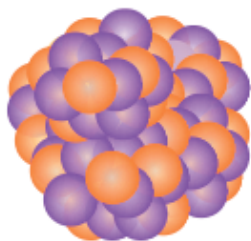
[\[ΠΑΤΗΣΤΕ ΕΔΩ ΓΙΑ ΤΟ VIDEO\]](#)

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. Η απροσδιοριστία στην ταχύτητά του θα είναι τότε πολύ μεγάλη –αφού η απροσδιοριστία στη θέση του είναι πολύ μικρή–, οπότε και η ταχύτητά του η ίδια θα είναι μεγάλη *κατά μέσο όρο*. Οδηγούμαστε έτσι στο εξής εντυπωσιακό –και πολύ βαθύ –συμπέρασμα:

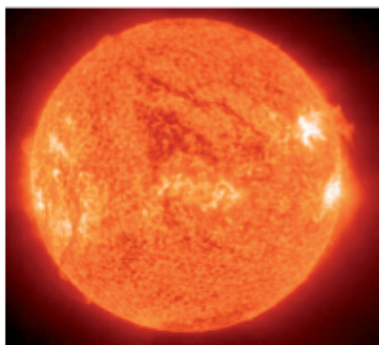
Όσο πιο μικροσκοπική είναι η φυλακή στην οποία είναι κλεισμένο ένα σωματίδιο, τόσο μεγαλύτερη είναι η ταχύτητά του κατά μέσο όρο, άρα τόσο μεγαλύτερη και η κινητική ενέργεια που υποχρεούται να έχει.

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 –και *υποχρέωση*– 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.



Όντας «στριμωγμένο» σε μια τόσο μικροσκοπική φυλακή –τη μικρότερη που υπάρχει στη φύση– τα πρωτόνια και τα νετρόνια στο εσωτερικό των πυρήνων κινούνται «σαν τρελά»...



Τα άστρα ζούνε τόσο πολύ ακριβώς επειδή αξιοποιούν –κάνοντας πυρηνικές αντιδράσεις– την τεράστια κινητική ενέργεια που υπάρχει στο εσωτερικό των πυρήνων, λόγω της αρχής της αβεβαιότητας.

Τι περιμένουμε λοιπόν να κάνουν οι έγκλειστοί του; 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. 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 ανέπτυσσαν επομένως μια μεγάλη μέση ταχύτητα που θα τα εκτόξευε ξανά μακριά από τον πυρήνα.

Λύση Μυστηρίου #1

Γιατί τα ηλεκτρόνια όχι μόνο δεν πέφτουν στον πυρήνα
αλλά δεν μπορούν ούτε να μείνουν πολύ κοντά του;

*Διότι τα εμποδίζει
η αρχή της αβεβαιότητας.*



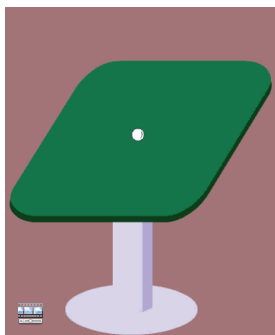
Λόγω της οποίας το άτομο μπορεί να
παρομοιωθεί με ένα *ελαστικό σφαιρίδιο* που,
όταν συμπιεστεί πολύ, θα εκτιναχθεί απότομα
μέχρις ότου βρει το μέγεθος ισορροπίας του.

[\[ΠΑΤΗΣΤΕ ΕΔΩ ΓΙΑ ΤΟ VIDEO\]](#)

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 όπου *είναι πιθανό* να βρεθεί το ηλεκτρόνιο. Όσο κι αν μας σοκάρει, τα άτομα, όπως και η μακροσκοπική πυκνή ύλη, είναι τελείως κούφια. Τα σωματίδια που την αποτελούν, τα ηλεκτρόνια και οι πυρήνες, έχουν πρακτικά μηδενικό όγκο. Ας μην το πάρουμε κατάκαρδα, αλλά έτσι ακριβώς είναι: Είμαστε κατά 99,99999....% άδειοι! Κενός χώρος. Και μας κάνει να φαινόμεστε συμπαγείς και ασυμπίεστοι η αρχή της αβεβαιότητας. Που 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 όταν πλησιάζουν– τότε θα περνάγαμε ο ένας μέσα από τον άλλο κυριολεκτικά σαν φαντάσματα! Η αρχή της αβεβαιότητας

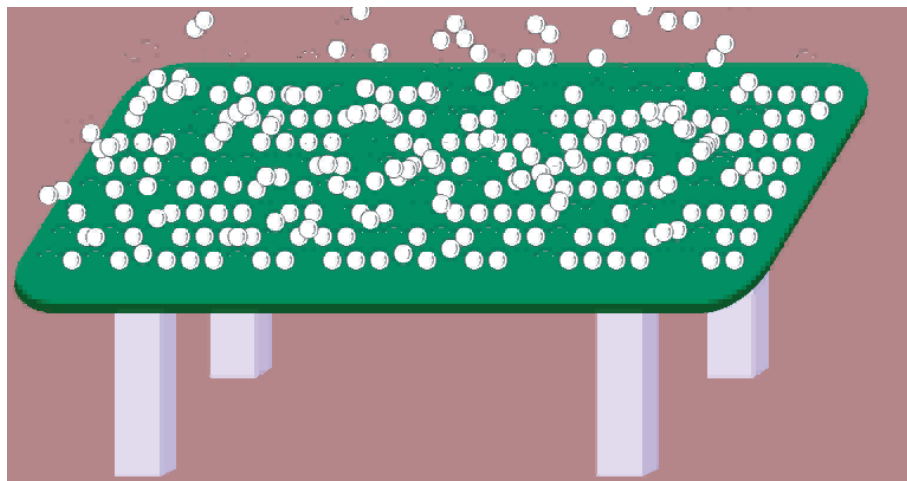
όχι μόνο είναι το φάντασμα η ίδια, αλλά δίνει και στα σωματίδια του μικρόκοσμου μια σχεδόν φαντασματική ύπαρξη!

Για την εξήγηση του τρίτου μυστηρίου θα μου χρειαστεί ένα απλό ανάλογο του πραγματικού προβλήματος, που είναι το εξής: Στον κλασικό κόσμο στον οποίο ζούμε, αν αφήσω ένα αντικείμενο –ας πούμε ένα μπαλάκι αντισφαιρίσεως– πάνω σε ένα τραπέζι, η κατάσταση μέγιστης ηρεμίας του –δηλαδή ελάχιστης ενέργειας– είναι να μείνει ακίνητο πάνω στο τραπέζι. Αν όμως ίσχυε και στον κόσμο μας η αρχή της αβεβαιότητας, τότε η ακινησία αυτή είναι ανέφικτη. Διότι στον κβαντικό κόσμο το μπαλάκι δεν επιτρέπεται πλέον 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.



[\[ΠΑΤΗΣΤΕ ΕΔΩ ΓΙΑ ΤΟ VIDEO\]](#)

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. Αφήστε τώρα το φάντασμα – την αρχή της αβεβαιότητας– να ανέβει στη «σκηνή». Να κυβερνήσει και τον δικό μας κόσμο. Τι θα δούμε;



[\[ΠΑΤΗΣΤΕ ΕΔΩ ΓΙΑ ΤΟ VIDEO\]](#)

Τα μπαλάκια να 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 ανομοιομορφη και συνεχώς μεταβαλλόμενη κατανομή της βαρυτικής 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 ανομοιομορφης κατανομής αυτής της ενέργειας στο χώρο. Η ενέργεια του σύμπαντος ούτε μπορεί να μην είναι εκεί, ούτε και να κατανέμεται ομοιόμορφα στο χώρο.

Απλουστεύω δραστικά, αλλά η βασική ιδέα είναι σωστή.

Αυτός ο κόσμος, ο μικρός, ο μέγας

Τα «παιδιά» της αρχής της αβεβαιότητας

Μερικές από τις κοσμικές δομές που «φύτρωσαν» από τους μικρούς σπόρους της ανομοιομορφίας που «έσπειρε» η αρχή της αβεβαιότητας στο σύμπαν:



Ο γαλαξίας της Ανδρομέδας



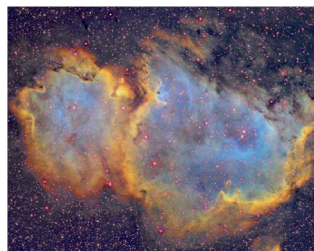
Ο γαλαξίας της «ρουφάκτρας»



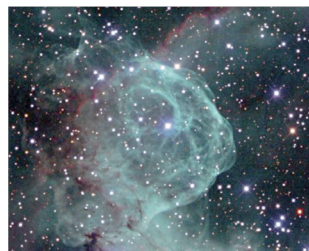
Ο γαλαξίας του «μαυρισμένου ματιού»



Το νεφέλωμα της Ροζέτας



Το νεφέλωμα της «ψυχής»



Το νεφέλωμα του «κράνου του θορ»

Τα νεφέλωματα είναι τεράστιες αέριες μάζες στο εσωτερικό των γαλαξιών από τις οποίες δημιουργούνται νέα άστρα.

(Όλες οι εικόνες προέρχονται από το Αστεροσκοπείο του Σκίνακα στον Ψηλορείτη).

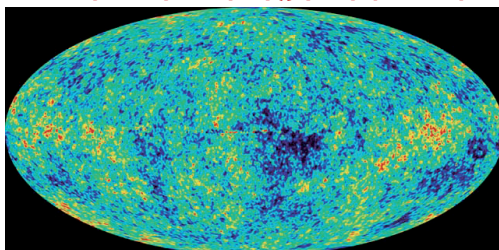
Οι σπόροι της ανομοιομορφίας που επέτρεψαν στο σύμπαν να σχηματίσει γαλαξίες και όλες τις άλλες κοσμικές δομές, ήταν κβαντικής προέλευσης. Οφειλόταν στην αρχή της αβεβαιότητας. Σε συνδυασμό με μια εκρηκτική διαστολή του σύμπαντος στα πρώτα κλάσματα του δευτερολέπτου η οποία πήρε αυτούς τους μικροσκοπικούς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

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 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 στο 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 μια πιστή προσομοίωση του πραγματικού ήχου. Το έκανε αυτό ο αστροφυσικός Mark Whittle από το πανεπιστήμιο της Virginia, και να το αποτέλεσμα:

Η «παρτιτούρα» της αρχέγονης μουσικής



Η πειραματική εικόνα των ανομοιομορφιών που παρήγαγαν την αρχέγονη μουσική. Στις **κόκκινες** περιοχές, η κοσμική ύλη είναι ελαφρώς πυκνότερη, και στις **μπλε** ελαφρώς αραιότερη.

[ΠΑΤΗΣΤΕ ΕΔΩ ΓΙΑ ΤΟΝ ΗΧΟ]

Μόλις ακούσαμε την αρχαιότερη μουσική εκπομπή του κόσμου. Ακούσαμε 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 το σχηματισμό των γαλαξιών, των άστρων και των πλανητών, και οδήγησε κάποτε στην εμφάνιση –σε έναν απ' αυτούς τους πλανήτες, ενός απ' αυτά τα άστρα, στην άκρη ενός απ' αυτούς τους γαλαξίες– οδήγησε λοιπόν στην εμφάνιση ενός περίεργου είδους: του *μουσικού ανθρώπου*. Προικισμένου με την εξάισια 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 «κλάμα του μωρού»: Την αρχέγονη μουσική). Ορειχάλκινο αγαλματίδιο αρπιστή, 900-725 π.Χ. Αρχαιολογικό Μουσείο Ηρακλείου.

Και έτσι, όχι πολλά χρόνια αργότερα, μπόρεσε να ακουστεί ένα καλύτερο κομμάτι σαν αυτό:



Niccolò Paganini, Καπρίτσιο #24.

[ΠΑΤΗΣΤΕ ΕΔΩ ΓΙΑ ΤΟΝ ΗΧΟ]

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 εικοτολογίας σε εμπειρική επιστήμη. Ένα κορυφαίο επίτευγμα της φυσικής του 20ού αιώνα που δικαιώνει τα λόγια ενός από τους πρωτεργάτες του όταν έγραφε:

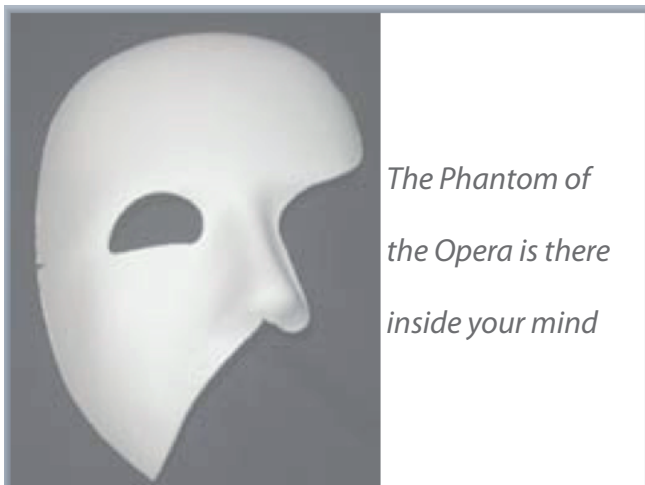
«Η προσπάθεια να καταλάβουμε το σύμπαν είναι από τα λίγα πράγματα που ανυψώνουν την ανθρώπινη ζωή πάνω από το επίπεδο της φάρσας, δίνοντάς της κάτι από τη χάρη της τραγωδίας».

Όμως νομίζω ότι ήλθε πια η ώρα να καλέσουμε το φάντασμα επί σκηνής.



[\[ΠΑΤΗΣΤΕ ΕΔΩ ΓΙΑ ΤΟ VIDEO\]](#)

Το φάντασμα της όπερας είναι λοιπόν 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. Που λέει ότι η *ελευθερία της βούλησης* –αυτό το συστατικό στοιχείο της υπαρξιακής μας αξιοπρέπειας– είναι μια *ψευδαισθήση*. 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 ελευθερωτής 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 έρμαιο μιας ανερμήνευτης τυχαιότητας; 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 ανοικτών ερωτημάτων. Των *εσαεί* ανοικτών ερωτημάτων. Επομένως στο *πεδίο της ελευθερίας*, για να χρησιμοποιήσω την έκφραση του Αριστείδη Μπαλτά σ' αυτόν εδώ το χώρο δύο χρόνια πριν. Το κατ' εξοχήν πεδίο όπου κάνουμε επιλογές –επιλογές ηθικές, αξιακές, ιδεολογικές, θρησκευτικές– χωρίς καμία υποχρέωση να προσκομίζουμε αποδείξεις. Οι οποίες, όταν προσκομίζονται, μάλλον ανασφάλεια προδίδουν παρά γνήσια ηθική πεποίθηση.

Έτσι λοιπόν, επιλέγω να κλείσω την ομιλία μου όχι με την επιστημονική απάντηση πάνω στο ερώτημα που έθεσα πριν –μια απάντηση που δεν υπάρχει– αλλά με την απάντηση που εγώ αυθαιρέτως επέλεξα να με εκφράζει. Την απάντηση του Σωκράτη. Γυρνάω λοιπόν πίσω στο χρόνο, αλλά στον ίδιο τούτο τόπο, στη χαλεπαίνουσα σήμερα πατρίδα μας, όταν

η κατ' ἐξοχήν 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 *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: (Πλάτωνος, *Φαίδων*, μετάφραση Βασίλη Κάλφα)

«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 κάμπω 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 επιβάλουν. 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.»

Εξοχώτατε κ. Πρόεδρε της Ελληνικής Δημοκρατίας,

Επιλέγοντας να κλείσω την ομιλία μου με τη σωκρατική απάντηση στο ζήτημα της ελεύθερης βούλησης –μαζί με την «Απολογία» ένα από τα ιδρυτικά κείμενα του πολιτισμού μας– θέλησα ταυτόχρονα να υπογραμμίσω και τούτο: Το πόσο «μικρή» είναι η επιστήμη όταν καλείται –ή επιστρατεύεται– 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 είναι η μόνη κιβωτός μας. Το φάντασμα μέσα μας είναι σίγουρα υπεύθυνο για πολλά πράγματα, μεταξύ αυτών 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.



Τ Ε Λ Ο Σ