

# Η αναζήτηση του «ελαχίστου» της ύλης από τον Λεύκιππο μέχρι σήμερα

Ίων Σιώτης

Φυσικός - Πρόεδρος Δ.Σ./ΕΙΕ

## ΕΙΣΑΓΩΓΗ

**Κ**υρίες και κύριοι, ευχαριστώ για άλλη μια φορά για το ενδιαφέρον που δείχνετε για τους κύκλους του προγράμματος «Επιστήμης Κοινωνία». Όταν συζητούμε θέματα όπως αυτό του σημερινού κύκλου «Φιλοσοφία και Θετικές Επιστήμες στον 20ό αιώνα» είμαι μάλλον επιφυλακτικός. Στην εποχή μας, η διαίρεση και η εξειδίκευση των επιστημών καθιστά ιδιαίτερα δύσκολο τον συνδυασμό, με τρόπο ολοκληρωμένο και συνεκτικό, της Φιλοσοφίας και των Θετικών Επιστημών. Η άρθρωση ενός λόγου κοινού ανάμεσα σε αυτά τα δύο γνωστικά πεδία είναι πράγματι αρκετά δύσκολη. Άλλωστε, η εξειδίκευση των επιστημονικών πεδίων καθιστά την επικοινωνία δύσκολη, ακόμα και μεταξύ των λεγομένων Θετικών Επιστημών, για παράδειγμα της Βιολογίας, της Χημείας και της Φυσικής.

Ξεκίνησα τη σταδιοδρομία μου στη δεκαετία του '60 και ειδικεύτηκα στη Φυσική των λεγομένων σήμερα «Υψηλών ενεργειών». Τότε η ορολογία ήταν

διαφορετική. Αν κοιτάξετε τα βιβλία της περιόδου εκείνης, θα δείτε τίτλους όπως *Elementary Particle Physics* (Φυσική των στοιχειωδών σωματιδίων) ή *Fundamental Particle Physics* (Φυσική των θεμελιωδών σωματιδίων).

Με τον καιρό, οι λέξεις *elementary* ή *fundamental* άρχισαν να αποσύρονται από την ορολογία, διότι όσο προχωρούσαμε τόσο καταλαβαίναμε ότι αυτό που θεωρούσαμε στοιχειώδες δεν ήταν τίποτε άλλο παρά άλλο ένα επίπεδο δομής της ύλης κάτω από το οποίο υπήρχε κάτι ακόμα πιο στοιχειώδες. Με άλλα λόγια, μια ύλη σαν κρεμμύδι, χωρίς πυρήνα, κι όχι σαν ελιά. Έτσι λοιπόν εγκαταλείφθηκε ο επιθετικός προσδιορισμός «στοιχειώδη» σωματίδια και παρέμεινε απλά η «Φυσική των σωματιδίων». Και τα σωματίδια όμως άρχισαν κάποτε να χάνουν την υπόστασή τους, αλλάξαμε λοιπόν κι εκείνον τον τίτλο και σήμερα ο επιστημονικός μου κλάδος περιγράφεται στα αγγλικά απλά ως “High Energy Physics” (Φυσική των υψηλών ενεργειών).

Αυτή η γλωσσική εξέλιξη, η εγκατάλειψη της λέξης σωματίδιο είναι ιδιαίτερα αποκαλυπτική για το αποψινό μας θέμα, καθώς μας δίνει μια πρόγευση της σημερινής κατάστασης. Στην ομιλία θα χρησιμοποιήσω όσο το δυνατόν περισσότερο μπορώ την εικόνα διότι ίσως έτσι καταστήσω κάπως πιο ευκολονόητα τα πράγματα.

### ΕΝΑ Ή ΠΟΛΛΑ «ΕΛΑΧΙΣΤΑ»;

Η έννοια του ελαχίστου δεν είναι μόνο θέμα διαστάσεων στον χώρο αλλά είναι συνυφασμένη και με το πεδίο γνώσης στο οποίο αναφερόμαστε. Για παράδειγμα, το ελάχιστο του χημικού είναι το άτομο του χημικού στοιχείου. Το ελάχιστο του βιολόγου θα μπορούσαμε να πούμε ότι είναι το αμινοξύ, μια οργανωμένη δομή πολλών ατόμων χημικών στοιχείων. Το ελάχιστο του κοινωνιολόγου, του οικονομολόγου, θα ήταν το ανθρώπινο άτομο. Από κει και πέρα, κάτω από αυτό το ελάχιστο, αλλάζουμε γνωστικό πεδίο, περνάμε από τη Βιολογία στη Χημεία και από τη Χημεία στη Φυσική. Και βεβαίως, εάν δεν κάνουμε τη δουλειά μας σωστά, τότε κάνουμε μια αναγωγή αδικαιολόγητη. Αναγωγή του τύπου: η Χημεία είναι Φυσική, η Φυσική είναι Πυρηνική Φυσική,

η Πυρηνική Φυσική είναι Σωματιδιακή Φυσική, άρα και η Χημεία είναι Σωματιδιακή Φυσική και βεβαίως και η Βιολογία είναι Χημεία και η Ανθρωπολογία είναι Βιολογία, η Κοινωνιολογία κ.ο.κ.

Κάθε γνωστικό πεδίο λοιπόν χρησιμοποιεί μια συλλογή εννοιών, εργαλείων, με τα οποία δουλεύει και η οποία περιλαμβάνει το ελάχιστο δομικό στοιχείο που μπορεί να χρησιμοποιηθεί ή που χρησιμοποιείται από αυτό το γνωστικό πεδίο. Όταν λοιπόν αλλάζουμε κλίμακα, αλλάζουμε και γνωστικό πεδίο.

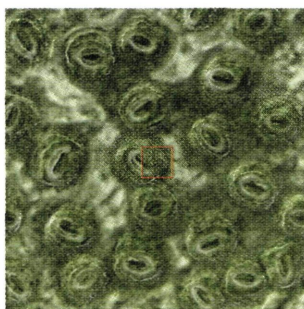
Για να γίνω πιο σαφής, θα ξεκινήσω με μια γνώριμη εικόνα ενός φύλλου δρυός (εικ.1) σε μια κλίμακα όπου η πλευρά του τετραγώνου της εικόνας αντιπροσωπεύει 10 εκατοστά ή 0.1 μέτρα ή  $10^{-1}$  m. Βρισκόμαστε στο γνωστικό πεδίο της Βοτανικής. Ας κοιτάξουμε τώρα το φύλλο με μικροσκόπιο σε μεγέθυνση 10.000 φορές. Στην εικόνα 2 η πλευρά του τετραγώνου είναι τώρα 10.000 φορές μικρότερη ( $10^{-5}$  m ) και διακρίνουμε τα κύτταρα του φύλλου της δρυός. Από εδώ και πέρα εγκαταλείπουμε τη Βοτανική και μπαίνουμε στο γνωστικό πεδίο της Βιολογίας. Το βοτανικό ελάχιστο είναι το κύτταρο.



$10^{-1}$  meters

10 centimeters

Εικ. 1. Φύλλο δρυός



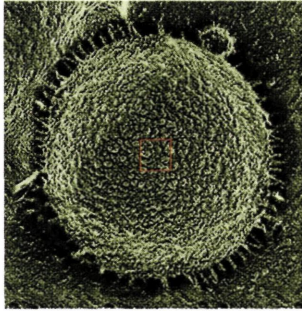
$10^{-5}$  meters

10 microns

Εικ. 2. Κύτταρο φύλλου δρυός

Σε μικρότερες διαστάσεις χρησιμοποιούμε άλλες έννοιες-εργαλεία. Αν μεγεθύνουμε το κύτταρο του φύλλου δρυός δέκα φορές (κατά μία τάξη μεγέθους) εμφανίζεται στην εικόνα 3 (πλευρά τετραγώνου  $10^{-6}$  m) ο πυρήνας του κυττάρου του φύλλου. Δεν είμαι κυτταρικός βιολόγος και δεν μπορώ να σας

διαβεβαιώσω ότι η ιδιότητα-οντότητα «δρυς» είναι αναγνωρίσιμη στην εικόνα 3. Προχωρούμε σε μεγαλύτερη μεγέθυνση στην εικόνα 4 (πλευρά τετραγώνου  $10^{-7}$  m) και βλέπουμε στο εσωτερικό του πυρήνα τα μόρια μιας πολυσύνθετης πρωτεΐνης που ονομάζεται χρωματίνη. Το προηγούμενο ερώτημα σχετικά με την αναγνωρισιμότητα της ιδιότητας-οντότητας «δρυς» στο μόριο της χρωματίνης γίνεται πιο επίκαιρο.



$10^{-6}$  meters

1 micron

Εικ. 3. Πυρήνας κυττάρου δρυός



$10^{-7}$  meters

1,000 angstroms

Εικ. 4. Χρωματίνη στον πυρήνα

Αν τώρα προχωρήσουμε σε μεγέθυνση κατά μία τάξη μεγέθους ακόμα, βλέπουμε στην εικόνα 5 (πλευρά τετραγώνου  $10^{-8}$  m) την αλυσίδα του DNA που κωδικοποιεί τις πρωτεΐνες που με τη σειρά τους συγκροτούν τον πυρήνα του κυττάρου δρυός. Για τον μοριακό βιολόγο η αλυσίδα αυτή των αμινοξέων που ονομάζουμε DNA εμπεριέχει την «υπογραφή» της ιδιότητας-οντότητας στην οποία, μακροσκοπικά, δίνουμε το όνομα «δρυς». Εδώ όμως φθάνουμε και στο τέλος της οντότητας «δρυς».

Στην εικόνα 6, σε μεγέθυνση κατά μία τάξη μεγέθους ακόμα (πλευρά τετραγώνου  $10^{-9}$  m), βλέπουμε τα μόρια των αμινοξέων που αποτελούν τα δομικά στοιχεία της αλυσίδας του DNA δρυός. Τα μόρια αυτά, όμως, είναι τα ίδια είτε πρόκειται για δρυ είτε για ελέφαντα. Ενδεχομένως μπορούμε ακόμα να πούμε ότι πρόκειται για συστατικά οργανικής έμβιας ύλης. Αν προσπαθήσουμε να μεγεθύνουμε κατά μία τάξη μεγέθους ακόμα θα αντικρίσουμε τα

άτομα των χημικών στοιχείων που συγκροτούν τα αμινοξέα που συγκροτούν το DNA που κωδικοποιεί τις πρωτεΐνες της δρυός κ.ο.κ.



10<sup>-8</sup> meters      100 angstroms

Εικ. 5. Αλυσίδα DNA δρυός



10<sup>-9</sup> meters      1 nanometer

Εικ. 6. Αμινοξέα - το τέλος της δρυός

Τα χημικά αυτά στοιχεία είναι ο άνθρακας, το οξυγόνο κ.λπ. και είναι τα ίδια είτε βρίσκονται σε μια δρυ στη Γη ή σε ένα κόκκο σκόνης στη Σελήνη. Τώρα πλέον βρισκόμαστε στα πεδία γνώσης που ονομάζουμε Χημεία και Φυσική, για τα οποία η ιδιότητα-οντότητα «δρυς» ή «λεμονιά» δεν έχει νόημα.

Αυτή η σύντομη διαδρομή από τη Βοτανική στη Χημεία και τη Φυσική μέσω Κυτταρικής και Μοριακής Βιολογίας ανέδειξε ότι στην αναζήτηση του ελάχιστου θα διασχίσουμε πολλά διαφορετικά γνωστικά πεδία. Έδειξε επίσης πώς οι μακροσκοπικές ιδιότητες που χαρακτηρίζουν τις κατηγορίες ενός συγκεκριμένου γνωστικού πεδίου, όπως «δρυς» ή «λεμονιά», στη Βοτανική παύουν να υφίστανται όταν περάσουμε στο πιο μικροσκοπικό θεμελιώδες γνωστικό πεδίο. Η διαπίστωση αυτή θα αποδειχθεί ιδιαίτερα χρήσιμη παρακάτω και για τον λόγο αυτό θα σταθώ κάπως περισσότερο στη σχέση ανάμεσα σε **μικροσκοπική δομή** και **μακροσκοπική ιδιότητα**. Η ύπαρξη μιας τέτοιας σχέσης αποτελεί άλλωστε και τον ακρογωνιαίο λίθο της υλιστικής ατομικής θεωρίας που ξεκίνησε με τον Λεύκιππο πριν 25 αιώνες.

## ΔΟΜΗ ΚΑΙ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ (ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΕΣ) ΣΤΗ ΒΟΤΑΝΙΚΗ

Θα ξεκινήσω από τη Βοτανική επειδή μου επιτρέπει να αναδείξω τις βασικές αρχές της σχέσης δομή-ιδιότητα με τρόπο ιδιαίτερα οικείο.

Στην εικόνα 7 βλέπουμε μια λεμονιά από την οποία φυτρώνει ένα κλαδί πορτοκαλιάς. Όταν πρωτοαντίκρισα κάτι τέτοιο σκέφτηκα απλοϊκά ως φυσικός: τι ωραία θα ήταν να είχαμε ένα πολυδύναμο, μαγικό δέντρο που να μας δίνει όχι μόνο λεμόνια και πορτοκάλια αλλά και μήλα και ροδάκινα και, γιατί όχι, ακόμα και καρύδια! Σε τελευταία ανάλυση, για τον χημικό και τον φυσικό όλοι αυτοί οι καρποί αποτελούνται από άτομα άνθρακα, υδρογόνου, οξυγόνου, αζώτου κ.λπ., τα οποία είναι τα ίδια είτε πρόκειται για άνθρακα στο λεμόνι ή στο μήλο. Στην εικόνα 8 βλέπετε ένα τέτοιο μαγικό δέντρο.



Εικ. 7 *Genus citrus*



Εικ. 8 *Απίστευτο!!!*

Η εικόνα 8 μας ξενίζει διότι η εμπειρία λέει ότι ένα τέτοιο δέντρο δεν είναι δυνατόν να υπάρξει. Αντίθετα, όσοι ασχολούνται με την κηπουρική αναγνωρίζουν στην εικόνα 7 κάτι εφικτό. Οι αγρότες τα γνωρίζουν αυτά πρακτικά και με βάση τέτοιου είδους εμπειρικές αλλά συστηματικές παρατηρήσεις χτίστηκε όλο το μεγαλειώδες **ταξονομικό** οικοδόμημα της επιστήμης που λέγεται Βοτανική.

Κάτι αντίστοιχο έγινε και με όλες τις άλλες μορφές της έμβιας ύλης, από τα μικρόβια μέχρι τα θηλαστικά. Στην περίπτωση των φρούτων λέμε ότι το λεμόνι, πορτοκάλι, μανταρίνι κ.ά. ανήκουν στο λεγόμενο genus Citrus, ενώ το μήλο, αχλάδι κ.λπ. στο λεγόμενο genus Malus.

Κάθε genus χαρακτηρίζεται από ένα σύνολο ιδιοτήτων που συγκροτούν αυτό που θα ονομάζαμε «κιτρότητα» για το genus Citrus και «μηλότητα» για το genus Malus. Η εμπειρική παρατήρηση ότι δεν θα βρούμε ποτέ ένα μήλο να φυτρώνει από μια λεμονιά και αντίστροφα κωδικοποιείται από τους επιστήμονες σε έναν νόμο διατήρησης της «κιτρότητας» ως εξής:

**Για κάθε τοπολογικά συνδεδεμένη διαδρομή σε ένα σύμπαν-δένδρο η ιδιότητα «κιτρότητα» («μηλότητα» κ.λπ.) διατηρείται.**

Σε κοινή γλώσσα «τοπολογικά συνδεδεμένη διαδρομή» σημαίνει ότι ο νόμος διατήρησης ισχύει εφόσον δεν αλλάξουμε δένδρο. Γιατί όμως ισχύουν τέτοιοι νόμοι διατήρησης;

Σε ποιο επίπεδο συνθετότητας, δομής στον χώρο και οργάνωσης της ύλης αναδύεται η ιδιότητα (λειτουργία) «κιτρότητα»; Με άλλα λόγια, **πότε το μήλο γίνεται μήλο και παύει να είναι άνθρακας και υδρογόνο;**

Όπως είδαμε στην προηγούμενη ενότητα μιλώντας για τη δρυ, αυτό γίνεται στο επίπεδο οργάνωσης της ύλης που είναι η αλυσίδα του DNA και των πρωτεϊνών που αυτή κωδικοποιεί. Σκεφτείτε τις πρωτεΐνες να δένουν μεταξύ τους σαν κομμάτια ενός παζλ. Το γεωμετρικό σχήμα των πρωτεϊνών για όλα τα φρούτα του ίδιου genus είναι αρκετά συγγενές ώστε να είναι σε θέση να συνθέσει τις διάφορες μορφές «λεμόνι», «πορτοκάλι» κ.λπ. Αντίθετα, οι γεωμετρικές διαφορές ορισμένων κρίσιμων πρωτεϊνών του genus Citrus με τις αντίστοιχες του genus Malus εμποδίζουν το μήλο να φυτρώσει στη λεμονιά.

Η ερμηνεία των διαφορών «genus» της Βοτανικής, με βάση τη γεωμετρία των πρωτεϊνών και του DNA που τις κωδικοποιεί, είναι ένα επιστημονικό επίτευγμα του τελευταίου αιώνα. Μέχρι τότε η «επιστήμη» της Βοτανικής βρισκόταν στη νηπιακή, ταξονομική φάση στην οποία την είχε δρομολογήσει ο Carl Linneaus (1707-1778) δύο αιώνες νωρίτερα.

## ΔΟΜΗ ΚΑΙ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΣΤΗ ΧΗΜΕΙΑ

Η συστηματοποίηση της επιστήμης που σήμερα ονομάζουμε Χημεία έχει τις ρίζες της στις αλχημικές αναζητήσεις του Μεσαίωνα και της Αναγέννησης όπως δείχνει γκραβούρα του Peter Breughel του πρεσβύτερου (1525-1564) στην εικόνα 9. Μεταξύ άλλων, οι αναζητήσεις αυτές είχαν ως πρακτικό στόχο τη μεταστοιχείωση (transmutation) μιας αναγνωρίσιμης μορφής ύλης, ενός στοιχείου, σε ένα άλλο, παραδείγματος χάριν του ευτελούς μολύβδου σε πολύτιμο χρυσό. Σημασία για τη συζήτησή μας έχει το γεγονός ότι η επιδίωξη αυτή εμπεριέχει την παραδοχή ότι κάτι τέτοιο είναι εφικτό. Με άλλα λόγια, ότι η ύλη είναι **μία** και οι διάφορες εκφάνσεις της δεν είναι αποτέλεσμα εγγενών, θεμελιωδών διαφορών, αλλά υπόθεση διαφορετικής οργάνωσης στον χώρο ενός μικρού αριθμού συστατικών. Είναι σαφές ότι αυτή η θεώρηση έχει τις ρίζες της στην ατομική θεωρία του Λεύκιππου και των επιγόνων του, Δημόκριτου και κυρίως του Επίκουρου.

Εικ. 9. Εργαστήριο Αλχημιστή, Pieter Brueghel ο πρεσβύτερος (1525-1569)



Άλλωστε, οι θεμελιωτές της σύγχρονης Χημείας Robert Boyle (1626-1691) και Φυσικής Isaac Newton (1642-1727) είχαν ασχοληθεί σε βάθος με την αλχημεία αλλά και με την επικούρεια ατομική θεωρία, όπως αυτή πέρασε στην εποχή μας μέσω του έργου του Λουκρήτιου *De Rerum Natura* (*Περί της φύσης των πραγμάτων*).

Όπως γνωρίζουμε, παρά τις προσπάθειες πολλών γενεών αλχημιστών, ο στόχος τους απεδείχθη ανέφικτος. Μετά την Αναγέννηση, τον 18ο-19ο αιώνα, οι αναγνωρίσιμες και διαφορετικές μορφές ύλης (τα σημερινά χημικά στοιχεία) πολλαπλασιάζονται και στα μέσα του 19ου αιώνα καταγράφονται 65 περίπου στοιχεία με διακριτές μακροσκοπικές ιδιότητες –όπως π.χ. στερεό, υγρό, αέριο, ειδικό βάρος, χρώμα, σιληπνότητα, θερμοκρασία τήξης, ικανότητα σχηματισμού ενώσεων με άλλα στοιχεία κ.λπ. Η σκέψη ότι οι διαφορές ανάμεσα σε όλα αυτά τα στοιχεία δεν οφείλονται σε εγγενείς, θεμελιώδεις αιτίες αλλά είναι μάλλον αποτέλεσμα οργάνωσης στον χώρο ενός μικρού αριθμού θεμελιωδών συστατικών διατυπώνεται για πρώτη φορά ανεξάρτητα από τους Prout και Dalton γύρω στο 1810. Η σκέψη αυτή προέκυψε από την παρατήρηση ότι οι ενώσεις μεταξύ των διαφόρων στοιχείων ακολουθούν ορισμένους ποσοτικούς κανόνες που γίνονται εύκολα κατανοητοί, αν υποθέσουμε ότι το βάρος της μικρότερης μονάδας κάθε στοιχείου είναι ακέραιο πολλαπλάσιο της μονάδας του ελαφρύτερου γνωστού στοιχείου που είναι το υδρογόνο. Η άποψη αυτή δεν έγινε αμέσως αποδεκτή. Μέχρι και τα μέσα του 19ου αιώνα την ανταγωνίζεται η άποψη ότι ο Δημιουργός «εν τη σοφία του» κατασκεύασε δεκάδες **εγγενώς** διαφορετικών μορφών ύλης με τις χαρακτηριστικές ιδιότητες των τότε γνωστών χημικών στοιχείων.

Το 1869 ο Mendeleev δημοσιεύει τον περίφημο ομώνυμο πίνακα όπου ταξινομεί τα τότε γνωστά χημικά είδη σε οικογένειες και ομάδες στο εσωτερικό των οποίων τα στοιχεία είχαν κάποια κοινά χαρακτηριστικά και συγγένειες. Ο πίνακας του Mendeleev δεν στηρίζεται σε κάποιο δομικό μοντέλο των διαφόρων χημικών στοιχείων. Στην αρχική του μορφή έχει καθαρά ταξονομική έμπνευση και ακολουθεί συναφή λογική με αυτή που οδήγησε τον Carl Linnaeus στην ταξονομία της έμβιας ύλης.

Ακολούθησε μισός αιώνας συστηματικών πειραμάτων και παρατηρήσεων που κατέληξαν, στις αρχές του 20ού αιώνα, στο ατομικό μοντέλο των Rutherford και Bohr, σύμφωνα με το οποίο τα διαφορετικά χημικά στοιχεία δεν είναι τίποτε άλλο παρά διαφορετικές μορφές οργάνωσης στον χώρο ακέραιοι αριθμού δύο μόνο συστατικών που φέρουν, αντίστοιχα, μοναδιαία θετι-

κά και αρνητικά ηλεκτρικά φορτία. Η φύση των συστατικών αυτών και της οργάνωσής τους στον χώρο είχε διαλευκανθεί το 1911 με τα κλασικά πειράματα του Rutherford, τα οποία έδειξαν ότι τα συστατικά αυτά είναι τα αρνητικά φορτισμένα ηλεκτρόνια που κινούνται σε μεγάλη απόσταση γύρω από ένα θετικά φορτισμένο πυρήνα. Ο πυρήνας με τη σειρά του συγκροτείται από θετικά φορτισμένα πρωτόνια. Ηλεκτρόνια και πρωτόνια είναι ίσα σε αριθμό και φέρουν ίσο ηλεκτρικό φορτίο, αλλά η μάζα του ηλεκτρονίου είναι 2000 φορές μικρότερη από αυτή του πρωτονίου. Αυτό το πλανητικό μοντέλο των διαφόρων χημικών στοιχείων επέτρεψε την ερμηνεία των χημικών ιδιοτήτων και καθόρισε τις διαστάσεις στον χώρο όπου σταματά η Χημεία και αρχίζει η Φυσική. Με άλλα λόγια, σε ποια κλίμακα χώρου η χημική ιδιότητα χαλκός ή σίδηρος παύουν να έχουν νόημα. Όπως και στην αντίστοιχη περίπτωση των αμινοξέων στις επιστήμες της έμβιας ύλης, τα πρωτόνια και ηλεκτρόνια που σηματοδοτούν το τέλος της Χημείας είναι τα ίδια, είτε βρίσκονται σε ένα άτομο χαλκού είτε σε ένα άτομο σιδήρου. Να σημειώσουμε εδώ ότι όσο βρισκόμαστε στο εσωτερικό του επιστημονικού πεδίου της Χημείας ισχύει πάλι ένας νόμος διατήρησης των χημικών ιδιοτήτων και οντοτήτων που θα μπορούσε να διατυπωθεί ως εξής:

**Σε κάθε μετασχηματισμό ενώσεων χημικών στοιχείων ο αριθμός των ατόμων κάθε χημικού στοιχείου παραμένει σταθερός ή η μεταστοιχείωση με τη χρήση χημικών μεθόδων δεν είναι εφικτή.**

Είναι προφανές ότι εάν ήταν δυνατόν να διασπασθεί το άτομο του χημικού στοιχείου στα συστατικά του και αυτά να επανενωθούν σε διαφορετικούς συνδυασμούς οι παραπάνω νόμοι διατήρησης δεν θα ίσχυαν.

## ΔΟΜΗ ΚΑΙ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΣΤΗ «ΝΕΑ» ΦΥΣΙΚΗ

Η επιτυχία του πλανητικού ατομικού μοντέλου να εξηγήσει πολλές πειραματικές παρατηρήσεις καθώς βεβαίως και τον ταξονομικό πίνακα του Mendeleev επέφερε μια τεράστια κρίση στην επιστήμη των αρχών του 20ού αιώνα. Ο λόγος ήταν ότι το πλανητικό μοντέλο του ατόμου βρισκόταν σε αντίθεση με το οικοδόμημα της κλασικής Φυσικής της εποχής, το οποίο είχε ήδη

αρχίσει να κλονίζεται δέκα χρόνια νωρίτερα. Σύμφωνα με το οικοδόμημα αυτό, το πλανητικό άτομο δεν ήταν δυνατόν να υπάρξει διότι τα αρνητικά ηλεκτρόνια που περιστρέφονται γύρω από τον θετικό πυρήνα πρωτονίων πρέπει υποχρεωτικά να επιβραδύνονται. Κάτι τέτοιο θα συνέβαινε σε ένα τεχνητό δορυφόρο εάν υφίστατο τριβή καθώς περιστρέφεται γύρω από τη Γη. Η κλασική Φυσική προβλέπει ότι κάθε ηλεκτρικά φορτισμένο σωματίδιο (π.χ. το ηλεκτρόνιο), που κινείται σε τροχιά γύρω από ένα άλλο ηλεκτρικά φορτισμένο σωματίδιο (π.χ. το πρωτόνιο), υφίσταται κάτι σαν «τριβή» που οδηγεί σε επιβράδυνση. Αποτέλεσμα αυτής της επιβράδυνσης είναι ότι προκειμένου η φυγόκεντρος δύναμη που δρα πάνω στο περιστρεφόμενο σωματίδιο να ισορροπήσει με την ηλεκτρική δύναμη έλξης μεταξύ των δύο πρέπει να μειώνεται συνεχώς η απόσταση μεταξύ τους. Τελικά το ηλεκτρόνιο καταλήγει, σε απειροελάχιστα μικρό χρονικό διάστημα, πάνω στο πρωτόνιο.

Το αδιέξοδο αυτό και πολλά άλλα που κατέτρεχαν την κλασική Φυσική στο γύρισμα του 19ου αιώνα βρήκαν τη λύση τους στο νέο οικοδόμημα της Φυσικής που κτίστηκε τις δύο πρώτες δεκαετίες του 20ού αιώνα πάνω σε δύο επαναστατικές αρχές. Πρόκειται για την αρχή της **ισοδυναμίας μάζας και ενέργειας** (Αϊνστάιν) και την αρχή της **δυσαδικής φύσης σωματιδίων και κυμάτων** (Planck-Bohr κ.λπ.). Ο συνδυασμός των δύο αυτών αρχών αφαιρεί, κατά τη γνώμη μου, κάθε νόημα από την αναζήτηση του ελαχίστου πέραν αυτών που ονομάσαμε πρωτόνιο και ηλεκτρόνιο. Αυτό δεν σημαίνει ότι φθάσαμε στο τέλος, αλλά μάλλον ότι από το σημείο αυτό και μετά ο κόσμος δεν είναι πια κατανοητός με τα εργαλεία της γλώσσας μας και των εννοιών και κανόνων σκέψης που αυτή μας επιβάλλει. Δεν είναι θέμα ανεπάρκειας λέξεων ή όρων. Απλά η έννοια ενός ή περισσότερων διακριτών συστατικών των δομών της ύλης παύει να έχει νόημα. Η ύλη παύει να είναι ένα πράγμα με διακριτά συστατικά και γίνεται διαδικασία. Η χρήση των λέξεων *ενέργεια* και *κύμα* για την άλλη όψη των *λέξεων μάζα* και *σωματίδιο* είναι αποκαλυπτική. Τόσο η ενέργεια όσο και το κύμα είναι έννοιες ρευστές, δυναμικές, μεταλλασσόμενες, σε αντίθεση με τη χειροπιαστή, αμετάβλητη στον χρόνο, διακριτή και ταυτοποιήσιμη φύση των εννοιών *μάζα* και *σωματίδιο*.

**Το ουσιαστικό γίνεται ρήμα**

Η ζωή γίνεται *ζει*, το χαρτί *καρτίζει*, το τραπέζι *τραπέζει* και κάθε επικοινωνία μεταξύ μας που στηρίζεται στα εργαλεία της γλώσσας μας σταματά. Θα προσπαθήσω παρακάτω να εξηγήσω γιατί.

**ΤΟ ΤΕΛΟΣ ΤΗΣ ΑΝΑΖΗΤΗΣΗΣ (1);**

Όπως υπαινίχθηκα παραπάνω, θεωρώ ότι η αναζήτηση του Δημοκρίτειου ελαχίστου τελειώνει με την ανακάλυψη των πρωτονίων και ηλεκτρονίων. Αυτό δεν σημαίνει ότι το πρωτόνιο, στο οποίο για λόγους οικονομίας θα εσιδάσω το υπόλοιπο της διάλεξης, δεν έχει εσωτερική δομή και περαιτέρω συστατικά. Σημαίνει απλά ότι η φύση της δομής και των συστατικών του πρωτονίου δεν μπορεί να γίνει κατανοητή με τα εργαλεία της καθομιλουμένης γλώσσας που διαμορφώνουν και διαμορφώνονται από τον εγκέφαλο και τα ερεθίσματά του. Ο ισχυρισμός αυτός θεμελιώνεται στους δύο πυλώνες της σύγχρονης Φυσικής που κατέγραψα παραπάνω.

**Αρχή της ισοδυναμίας μάζας και ενέργειας**

Στη μέχρι τώρα διαδρομή μας ξεκινήσαμε από ένα μακροσκοπικό αντικείμενο, ένα φύλλο δρυός, και καταλήξαμε στα πρωτόνια που συγκροτούν τα άτομα των χημικών στοιχείων. Στη διαδρομή αυτή περάσαμε από τη Βοτανική, τη Βιολογία, τη Χημεία για να φθάσουμε τελικά στη Φυσική. Για κάθε μία από τις επιστήμες αυτές είδαμε πως οι ιδιότητες των οντοτήτων με τις οποίες ασχολούνται προκύπτουν από τη χαρακτηριστική οργάνωση στον χώρο μικρότερων οντοτήτων, των αντίστοιχων ελαχίστων. Επιπλέον, είδαμε πως τα ελάχιστα αυτά αμινοξέα χημικά άτομα και πρωτόνια αντίστοιχα έχουν μια αυτοτελή διακριτή ύπαρξη που μας επιτρέπει να τα μελετούμε πειραματικά και να τα χειριζόμαστε. Για να το επιτύχουμε αυτό αποσυνθέσαμε πειραματικά, σε κάθε πεδίο, μια οργανωμένη δομή της ύλης στα συστατικά της. Η αποσύνθεση αυτή δεν έγινε αυθόρμητα, δεν είναι αποτέλεσμα μιας αυτενέργειας. Απαιτήθηκε μια εξωτερική επέμβαση, εκούσια ή ακούσια, για να διαρραγεί η σταθερότητα της δομής στον χώρο.

Η σταθερότητα κάθε δομής χαρακτηρίζεται από την **ενέργεια δεσμού** μεταξύ των συστατικών της δομής. Όσο πιο μεγάλη είναι αυτή η ενέργεια δεσμού, τόσο πιο σταθερή είναι η δομή.

Όλοι γνωρίζουμε ότι η ενέργεια μιας φλόγας αρκεί για να καταστραφεί η δομή των αμινοξέων ενός έμβριου συστήματος ενώ η ίδια φλόγα, παρά τις προσπάθειες γενεών αλχημιστών, δεν αρκεί για να αλλοιώσει τη φύση ενός χημικού στοιχείου. Για να γίνει αυτό χρειάζεται πολύ μεγαλύτερη ενέργεια, τουλάχιστον ίση με την ενέργεια δεσμού των συστατικών του πυρήνα του χημικού στοιχείου. Στη φύση, η ενέργεια που απαιτείται για να αποσυντεθεί στα εξω συνίσταται μια οργανωμένη δομή αυξάνει όσο μικραίνουν οι διαστάσεις της δομής στον χώρο. Τελικά φθάνουμε σε κάποια κλίμακα στον χώρο όπου η ενέργεια δεσμού είναι της ίδιας τάξης μεγέθους με τη μάζα των συστατικών. Εφεξής παύει να έχει νόημα μια θεώρηση της δομής ως οργανωμένο σύστημα διακριτών συστατικών.

Είμαι βέβαιος ότι οι φυσικοί θα αντιπείνουν δικαίως ότι, εάν η ενέργεια δεσμού είναι ηλεκτρομαγνητικού τύπου, τότε θα είμαστε σε θέση να διασπάσουμε το πρωτόνιο. Ο λόγος είναι ότι ακόμα και στην κλίμακα ενός πρωτονίου ( $10^{-15}$  m, δηλαδή ένα εκατομμύριο φορές μικρότερη από την κλίμακα της εικόνας 6) η ηλεκτρομαγνητική ενέργεια δεσμού είναι πολύ πιο μικρή από τη μάζα του πρωτονίου. Δυστυχώς όμως για την αναζήτηση του ελαχίστου, αλλά ευτυχώς για την ύπαρξη του κόσμου μας, η φύση της ενέργειας δεσμού μεταξύ των συστατικών του πρωτονίου, των quarks, δεν είναι ηλεκτρομαγνητική. Έτσι λοιπόν το πρωτόνιο είναι μια εξαιρετικά (πιθανώς απόλυτα) σταθερή δομή για την οποία γνωρίζουμε μόνον ότι έχει συστατικά, τα οποία όμως είναι καταδικασμένα να βρίσκονται εγκλωβισμένα μέσα στη δομή. Η απελευθέρωση των συστατικών αυτών από τη δομή του πρωτονίου απαιτεί τόσο μεγάλη ενέργεια ώστε, λόγω της αρχής της ισοδυναμίας μάζας και ενέργειας, η ενέργεια που απαιτείται για τον απεγκλωβισμό τους οδηγεί στη δημιουργία νέων συστατικών (quarks).

Η ανάλυση της φύσης του δεσμού μεταξύ των συστατικών της δομής που ονομάσαμε πρωτόνιο ξεπερνά τα όρια αυτής της διάλεξης. Σημασία έχει να

συγκρατήσετε ότι το ελάχιστο της ύλης, το πρωτόνιο, έχει μεν συστατικά αλλά ο αριθμός τους είναι εγγενώς απροσδιόριστος και ότι τα συστατικά αυτά υφίστανται μόνο στο εσωτερικό της δομής. Η απελευθέρωσή τους είναι αδύνατη. Η αναζήτηση του δημοκρίτειου ελαχίστου της ύλης έφθασε στο τέλος.

Πριν περάσουμε στη δεύτερη αρχή-πυλώνα της Φυσικής, την αρχή της **δυναμικής φύσης σωματιδίων και κυμάτων**, θα κάνουμε μια παρένθεση για να συνδέσουμε όλα τα παραπάνω με την αρχαία φιλοσοφική σκέψη, την ατομική θεωρία που με βάση τις γνωστές πηγές ξεκινά από τον Λεύκιππο.

### ΕΠΙΣΤΡΟΦΗ ΣΤΙΣ ΡΙΖΕΣ

Η συμβατική και υπεραπλουστευμένη αντίληψη που επικρατεί για τον τρόπο με τον οποίο οι θεμελιωτές της Φιλοσοφίας προσέγγισαν τη φύση φέρνει συνήθως σε αντίθεση την υλιστική θέση του Δημοκρίτου με την ιδεαλιστική θέση του Πλάτωνα.

Για τις θεωρίες του Λευκίππου (c. 480-420 π.Χ.) και του Δημοκρίτου (c. 460-370 π.Χ.) οι πηγές είναι φειδωλές και αποσπασματικές. Εκτός από τις αναφορές στον Αριστοτέλη (c. 384-322 π.Χ.), οι υπόλοιπες προέρχονται από πολύ μεταγενέστερους συγγραφείς (Κικέρωνας, Σέξτος Εμπειρικός, Σιμπλικίος, Αέτιος, Διογένης Λαέρτιος, Γαληνός κ.ά.). Οι θεωρίες τους εμπλουτίστηκαν και υπέστησαν αρκετές διαφοροποιήσεις και επεκτάσεις στον αιώνα που ακολούθησε τον Δημόκριτο και βρήκαν την πιο ολοκληρωμένη έκφρασή τους στο έργο του Επίκουρου (c. 340-270 π.Χ.). Για την τελευταία επικούρεια φάση έχουμε μια μοναδική σε έκταση πηγή από τον 1ο π.Χ. αιώνα. Πρόκειται για το εκπληκτικό ποίημα του Λουκρήτιου (Titus Lucretius Carus) με τίτλο *De Rerum Natura* (*Περί της φύσης των πραγμάτων*).

Περίπου την ίδια περίοδο με τον Δημόκριτο, ο Πλάτωνας (c. 428-348 π.Χ.) αντλώντας από τη σκέψη του Πυθαγόρα (c. 570-480 π.Χ.), διατυπώνει με τον πιο ολοκληρωμένο τρόπο τη θεωρία του για τη φύση των πραγμάτων σε ένα από τα τελευταία του έργα, στον διάλογο *Τίμαιος* που γράφεται γύρω στο 370

π.Χ. Πολλοί μελετητές θεωρούν ότι, παρ' όλες τις φαινομενικές αντιθέσεις, ο Πλατωνικός *Τίμαιος* είναι βαθιά επηρεασμένος από τη δημοκρίτεια αντίληψη του κόσμου. Η προσωπική ανάγνωση του διαλόγου αυτού με οδηγεί στο ίδιο συμπέρασμα, στον βαθμό που υιοθετείται μια ατομική μεθοδολογία, ακόμα κι αν αυτή δεν επικαλείται υλικά άτομα. Πολύ συνοπτικά μπορούμε να ισχυρισθούμε ότι στο γύρισμα του 5ου προς τον 4ο π.Χ. αιώνα διατυπώνονται δύο ατομικές θεωρίες: μία υλιστική και μία μαθηματική.

Η **υλιστική ατομική θεωρία** (Λεύκιππος, Δημόκριτος, Επίκουρος) επιδιώκει να ερμηνεύσει τα φαινόμενα της ύλης (και της ζωής) ως αποτέλεσμα και έκφραση των συνδυασμών, κινήσεων και συγκρούσεων διαφόρων ειδών διακριτών, αδιαίρετων στοιχειωδών υλικών σωματιδίων που ονομάζουμε άτομα. Εκτός από τα άτομα, η θεωρία χρειάζεται και την ύπαρξη του κενού προκειμένου να καθίσταται δυνατή η κίνηση των ατόμων. Τα άτομα δεν έχουν άλλες ιδιότητες εκτός από έκταση, σχήμα, βάρος. Όλες οι άλλες ιδιότητες της ύλης –χρώμα, θερμότητα, γεύση, σκληρότητα κ.λπ.– δεν είναι εγγενείς αλλά προκύπτουν από τους συνδυασμούς, την οργάνωση και ενδεχομένως τα σχήματα των ατόμων. Βασικό χαρακτηριστικό της θεωρίας είναι ότι τα μακροσκοπικά φαινόμενα που παρατηρούμε είναι αποτέλεσμα διεργασιών μεταξύ ατόμων σε μικροσκοπική κλίμακα.

Η **μαθηματική ατομική θεωρία** (Πυθαγόρας, Πλάτων) υιοθετεί κι αυτή διακριτά, αδιαίρετα στοιχειώδη συστατικά, χωρίς όμως υλική υπόσταση. Πρόκειται για άυλες μαθηματικές (γεωμετρικές) έννοιες. Πάλι όμως τα φαινόμενα ερμηνεύονται μέσω συνδυασμών και αναδιατάξεων των στοιχειωδών συστατικών, των ατόμων. Η ύπαρξη κενού δεν είναι υποχρεωτική.

Σε όσους φιλοσόφους αμφισβητούν αυτή τη διατύπωση της πλατωνικής σκέψης συνιστώ μια νέα προσεκτική και κριτική ανάγνωση του *Τίμαιου*.

Υπό το πρίσμα αυτό, οι αναλογίες και ισομορφίες μεταξύ των αντιλήψεων των αρχών του 4ου π.Χ. αιώνα και των δύο αρχών της σύγχρονης Φυσικής, ισοδυναμία μάζας και ενέργειας και δυαδική φύση σωματιδίου-κύματος, που διατυπώνονται στον 20ό αιώνα μ.Χ., είναι ιδιαίτερα ενδιαφέρουσες. Θα λέγα-

με απλουστεύοντας πως οι έννοιες μάζα και σωματίδιο είναι κοντά στη δημοκρίτεια λογική, ενώ οι έννοιες ενέργεια και κύμα έχουν μια πλατωνική χροιά.

Εάν τώρα ακολουθήσουμε τη δημοκρίτεια παράδοση μέσα από το έργο του **Επίκουρου**, θα δούμε ότι υπάρχουν ακόμα πιο εντυπωσιακές αναλογίες και ισομορφίες. Ένα από τα βασικά προβλήματα που προσπάθησε να αντιμετωπίσει ο Επίκουρος είναι η συμπίλωση της δημοκρίτειας υλιστικής ατομικής θεωρίας με τις επικρατούσες τότε απόψεις για την επ' άπειρον διαιρεσιμότητα της ύλης.

Θα παρουσιάσω τη σκέψη του σε ελεύθερη μετάφραση, από την αγγλική μετάφραση του ποιήματος του Λουκρήτιου (W.H.D.Rouse-M.F.Smith, Harvard University Press, 1997) *De Rerum Natura*, I.599-634..

«Επί πλέον, αν δεν υπάρχουν άτομα, ακόμα και τα μικρότερα των σωμάτων θα αποτελούνται από άπειρο αριθμό μερών καθώς για το μισό του μισού θα υπάρχει πάλι μισό και τίποτα δεν θα σταματά αυτή τη διαίρεση. Ποια θα είναι λοιπόν η διαφορά ανάμεσα στο σύνολο και στο μικρότερο των πραγμάτων; Τίποτα δεν θα τα διαφοροποιεί. Πρέπει λοιπόν να παραδεχτούμε ότι υπάρχουν πράγματα που δεν επιδέχονται περαιτέρω διαίρεση [...]. Τα άτομα όμως, παρόλο που δεν επιδέχονται διαίρεση, χαρακτηρίζονται από κάποια διάσταση στον χώρο και από κάποιο σχήμα. Για τον λόγο αυτό πρέπει και αυτά με τη σειρά τους να έχουν μέρη (*minimae partes*, τα ελάχιστα). Τα ελάχιστα αυτά μέρη συγκροτούν μεν το άτομο αλλά δεν έχουν υπόσταση από μόνα τους. Υποχρεωτικά συγκροτώνται, δένουν μεταξύ τους και δεν μπορούν ποτέ να υπάρξουν από μόνα τους [...]. Τέλος, αν η φύση επέτρεπε στα πράγματα να διαιρούνται στα ελάχιστα αυτά μέρη, τότε δεν θα μπορούσε να ανασυνθέσει άλλα πράγματα από τα ελάχιστα αυτά, επειδή όντας ελάχιστα και χωρίς περαιτέρω μέρη δεν θα είχαν τις ιδιότητες εκείνες που απαιτούνται για να συγκροτηθεί οτιδήποτε».

Το απόσπασμα αυτό αναδεικνύει ακόμα πιο έντονα τις αναλογίες και τις ισομορφίες ανάμεσα στη σύγχρονη σκέψη και σε αυτή του 4ου αιώνα π.Χ. Τα δημοκρίτεια άτομα είναι τα πρωτόνια και τα επικούρεια ελάχιστα (*minimae partes*) είναι τα quarks. Καθώς θα έλεγαν και οι Γάλλοι, «plus ça change, plus c'est la même chose!».

Αυτή η ιδιοφυής και απόλυτα σύγχρονη επικούρεια σύλληψη ενός αδιαίρετου ατόμου, που όμως περιέχει μέρη, δεν είναι ιδιαίτερα γνωστή στους Νεοέλληνες. Ο λόγος είναι πολύ απλός. Μέχρι και σήμερα δεν υπάρχει στρωτή μετάφραση από τα λατινικά στα νέα ελληνικά του μνημειώδους ποιήματος του Λουκρήτιου (7-8.000 στίχοι), το οποίο κατά κύριο λόγο ασχολείται με την επικούρεια φυσική, την ηθική και τη θεωρία της γνώσης. Πέραν τούτου, η σκέψη του Επίκουρου λογοκρίθηκε, παραποιήθηκε και διαγράφηκε από τη χριστιανική γραμματεία, με αποτέλεσμα να έχει επιβιώσει στην κοινή αντίληψη των ημερών μας μόνο η γνωστή ρήση που του αποδίδεται ότι «αρχή και ρίζα παντός αγαθού η της γαστρος ηδονή». Η παρουσία γυναικών στον επικούρειο κύκλο χαρακτηρίστηκε δείγμα έκλυτου ήθους και μέχρι σήμερα τον κατατρέχουν φονταμενταλιστές-creationist ιεροκήρυκες στις εκκλησίες της Αμερικής, διότι τον θεωρούν εμπνευστή της θεωρίας της εξέλιξης του Δαρβίνου. Πράγματι, σε άλλο απόσπασμα του *De Rerum Natura* βρίσκουμε στα σπάργανα τον Δαρβίνο.

Μετά από μια αναφορά στην αυτοφυή εμφάνιση της ζωής πάνω στη Γη, ο Λουκρήτιος, μεταφέροντας τη σκέψη του Επίκουρου, γράφει (*De Rerum Natura*, V 826-831, V 855-859):

«Κάποτε η Γη έφθασε στα όρια της ικανότητάς της να γεννά, σαν τη γυναίκα που την εξάντλησε ο χρόνος. Γιατί ο χρόνος αλλάζει τη φύση του κόσμου και τη μια κατάσταση πραγμάτων τη διαδέχεται μια άλλη, τίποτε δεν παραμένει αναλλοίωτο: όλα τα πράγματα κινούνται και είναι υποχρεωμένα από τη φύση τους να αλλάζουν [...] και πολλά είδη ζώων πρέπει να χάθηκαν τότε, αναγκαστικά, καθώς δεν μπόρεσαν με τον πολλαπλασιασμό να εξασφαλίσουν την επιβίωσή τους. Γιατί ό,τι πλάσματα βλέπεις τώρα ν' ανασαίνουν τον ζωοδότη αέρα, τα ίδια, από την αρχή, προστατεύτηκαν και εξασφάλισαν την επιβίωσή τους άλλοτε με την πονηριά, άλλοτε με τη γενναιότητα ή το λιγότερο με τη γρηγοράδα τους».

Το κίνητρο του Επίκουρου για να μελετήσει τη φύση είναι άκρως ηθικό. Θεωρεί ότι για να απολαύσουμε μια ευτυχισμένη ζωή πρέπει να απαλλαγούμε από τα άγχη και κυρίως από το άγχος του θανάτου, από το στρες όπως θα λέγαμε σήμερα. Πιστεύει ότι ο μόνος τρόπος να απαλλαγούμε από το άγχος του

θανάτου είναι να καταλάβουμε τη φύση και μέσω αυτής την έκφρασή της, που είναι το φαινόμενο της ζωής. Για τον λόγο αυτό ασχολείται με τη Φυσική και για τον ίδιο λόγο γίνεται ατομιστής. Η σχολή του, στην οποία είναι αξιοσημείωτη η παρουσία γυναικών, έχει τεράστια απήχηση και οι επήγονοί του συνεχίζουν το έργο του μέχρι τον 5ο αιώνα μ.Χ. Ο Λουκρήτιος είναι επικούρειος και απευθύνει το ποίημά στον Ρωμαίο Memmius, γόνου αριστοκρατικής οικογένειας, για να τον πείσει να υιοθετήσει την επικούρεια φιλοσοφία.

## ΤΟ ΤΕΛΟΣ ΤΗΣ ΑΝΑΖΗΤΗΣΗΣ (2);

Αν και η **ισοδυναμία μάζας και ενέργειας** μας ξενίζει, εντούτοις η νοηματική ρήξη που εισάγει σε σχέση με την κλασική αντίληψη των εννοιών μάζα και ενέργεια δεν είναι ανυπέρβλητη. Κατά κάποιο τρόπο οι δύο έννοιες συνδέονται διαισθητικά και αισθαντικά μέσω της έννοιας της δύναμης. Αντίθετα, η διαισθητική κατανόηση της **δυναμικής φύσης σωματιδίων και κυμάτων** είναι αδύνατη. Το νοηματικό χάσμα με την κοινή, κλασική αντίληψη των εννοιών σωματίδιο και κύμα δεν είναι δυνατόν να γεφυρωθεί. Όπως μερικοί γνωρίζετε, το δίδημμα σωματίδιο ή κύμα, πρωτοεμφανίζεται τον 17ο αιώνα σε σχέση με οπτικά φαινόμενα. Εκφράζεται με δύο φαινομενικά ασύμβατες θεωρίες για τη φύση του φωτός, όπου η κάθε μία εξηγεί μόνο ένα υποσύνολο οπικών φαινομένων. Πρόκειται για τη **σωματιδιακή** αντίληψη του φωτός, με κύριο εκφραστή τον Isaac Newton (1642-1727), που περιγράφει ικανοποιητικά τα φαινόμενα της ανάκλασης και διάθλασης και για την **κυματική** αντίληψη, με κύριο εκφραστή τον Christiaan Huygens (1629-1695), που αποδίδει με επιτυχία τα φαινόμενα της περίθλασης και του συντονισμού. Το νέο στοιχείο που εισβάλλει στον 20ό αιώνα και ανατρέπει πλήρως την κοινή λογική είναι η διαπίστωση ότι δεν είναι μόνο το φως, τα οπτικά φαινόμενα, που εμφανίζουν αυτό τον δυϊσμό. Η διπλή φύση αφορά και στη συμπεριφορά οντοτήτων όπως τα ηλεκτρόνια, τα πρωτόνια ακόμα και τα χημικά άτομα που σύμφωνα με την κλασική αντίληψη είναι υλικά σωματίδια. Το 1924 ο Α. Αϊνστάιν εκφράζει το δίδημμα ως εξής:

«There are therefore now two theories of light, both indispensable, and –as one must admit today in spite of twenty years of tremendous effort on the part of theoretical physicists– without any logical connections».

«Υπάρχουν λοιπόν τώρα δύο θεωρίες για τη φύση του φωτός. Και οι δύο είναι εξίσου αναγκαίες και πρέπει να δεχτούμε ότι, παρά την τεράστια προσπάθεια είκοσι ετών Θεωρητικής Φυσικής, δεν έχει εντοπιστεί λογική διασύνδεση μεταξύ τους».

(A. Einstein, «The Compton Experiment», Appendix 3, in R S Shankland (Ed.), *Scientific Papers of Arthur Holly Compton, X-Ray and Other Studies*, University of Chicago Press, Chicago, 1975).

Μέχρι το τέλος της ζωής του, ο Αϊνστάιν δεν κατάφερε να συμφιλιώσει αυτές τις δύο όψεις των πραγμάτων, παρόλο που τις διαχειρίστηκε αριστοτεχνικά στην πρακτική του ως θεωρητικός φυσικός.

Το δίλημμα σχετικά με τη φύση του φωτός αλλά και των οντοτήτων που οι φιλόσοφοι θα ονόμαζαν σωματίδια σηματοδοτεί, από μια δεύτερη σκοπιά, το τέλος της αναζήτησης του ελαχίστου της ύλης που ξεκίνησε πριν 25 αιώνες. Όπως συνέβη και με την ισοδυναμία μάζας και ενέργειας, η δυαδική φύση σωματιδίων και κυμάτων μάς επιβάλλει μια νέα αντίληψη του κόσμου που αφαιρεί κάθε νόημα από την περαιτέρω αναζήτηση για ελάχιστα. Η αναζήτηση αυτή θα είχε νόημα μόνο εφόσον παραμένουμε στον χώρο της κλασικής φυσικής και χειριζόμαστε λέξεις και έννοιες των οποίων το νόημα είναι σαφές. Μόνο τότε είμαστε σε θέση να αρθρώσουμε έναν συγκροτημένο και αμοιβαία κατανοητό λόγο. Δυστυχώς, όταν θελήσουμε να περιγράψουμε και να αναλύσουμε οντότητες και φαινόμενα που χαρακτηρίζονται από πολύ μικρές διαστάσεις στον χώρο και τον χρόνο, οι λέξεις και οι έννοιες μάς προδίδουν. Και τότε, επειδή δεν μπορούμε να εκφράσουμε συγκροτημένο αμοιβαία κατανοητό λόγο, είναι καλύτερα να σιωπούμε. Όλα τα λεγόμενα «παράδοξα» της Κβαντικής Φυσικής που βασάνισαν και τον Αϊνστάιν μέχρι το τέλος της ζωής του έχουν τη ρίζα τους σε αυτή την ανεπάρκεια των εννοιών και της γλώσσας.

Το πρόβλημα της αδυναμίας κατανόησης των αρχών της σύγχρονης Φυσικής με την έννοια της κοινής λογικής έχει απασχολήσει φιλοσόφους και φυσικούς από τις αρχές του περασμένου αιώνα. Παρά την τεράστια βιβλιογραφία, δεν νομίζω ότι βρισκόμαστε σήμερα πιο κοντά στην κατανόηση απ' ό,τι στις αρχές του περασμένου αιώνα. Στο μεταξύ κάθε νέα γενιά φυσικών –ο γράφων δεν αποτέλεσε εξαίρεση– ταλανίζεται να «καταλάβει» τι σημαίνει αυτό που διδάσκεται και χρησιμοποιεί στην καθημερινή του πρακτική.

Ιδιαίτερα αποκαλυπτικός στο θέμα αυτό είναι ο Richard Feynman (1918-1988), Νόμπελ Φυσικής 1965, ο οποίος με αφοπλιστική ειλικρίνεια συμβουλεύει τα εξής:

«The difficulty really is psychological and exists in the perpetual torment that results from your saying to yourself, “But how can it be like that?” Which is a reflection of uncontrolled but utterly vain desire to see it in terms of and analogy with something familiar; I will simply describe it [.....].».

«On the other hand, I think I can safely say that nobody understands quantum mechanics. So do not take the lecture too seriously, feeling you really have to understand in terms of some model what I am going to describe, but **just relax and enjoy** it. I am going to tell you what nature behaves like. If you will simply admit that maybe she does behave like this, you will find her a delightful entrancing thing. Do not keep saying to yourself, if you can possibly avoid it, “But how can it be like that?” because you will get “down the drain”, into a blind alley from which nobody has yet escaped. Nobody knows how it can be like that».

«Πρόκειται για μια δυσκολία ψυχολογικής φύσεως, αποτέλεσμα του αέναου μαρτυρίου που προκαλείται από την απαίτησή μας να απαντήσουμε στο ερώτημα: “Πώς είναι δυνατόν να είναι έτσι τα πράγματα;” Το ερώτημα αυτό αντανακλά την ανεξέλεγκτη και απόλυτα μάταιη επιθυμία να δούμε τα πράγματα κατ’ αναλογία με κάτι που μας είναι οικείο. Εγώ δεν θα σας περιγράψω τον κόσμο με όρους και αναλογίες που σας είναι οικείες, απλώς θα το περιγράψω όπως είναι [...]. Από την άλλη πλευρά, μπορώ να σας διαβεβαιώσω ασφαλώς

ότι δεν υπάρχει κανείς στον κόσμο που να καταλαβαίνει την κβαντική μηχανική. Μην πάρετε λοιπόν στα σοβαρά τη διάλεξή μου νιώθοντας ότι πρέπει να καταλάβετε αυτό που περιγράφω με βάση κάποιο μοντέλο. Αρκεί να χαλαρώσετε και να απολαύσετε. Εγώ θα σας μιλήσω για το πώς συμπεριφέρεται η φύση. Αν απλά δεχτείτε ότι ίσως πράγματι συμπεριφέρεται έτσι, θα την αισθανθείτε σαν ένα εξάισιο, γοπτευτικό πλάσμα. Αν μπορείτε να το αποφύγετε, μην επιμένετε στην ερώτηση “Πώς είναι δυνατόν να είναι έτσι τα πράγματα;” γιατί τότε θα καταλήξετε “στον πάτο”, σε ένα αδιέξοδο από το οποίο κανείς μέχρι σήμερα δεν έχει επιστρέψει. Κανείς δεν γνωρίζει γιατί είναι έτσι τα πράγματα» (Richard P. Feynman, *The Character of Physical Law*, MIT Press, 1967).

Αυτά μας συμβουλεύει ένας από τους μεγαλύτερους φυσικούς του 20ού αιώνα που τιμήθηκε με το βραβείο Νόμπελ το 1965. Μην τολμήσετε να προσπαθήσετε να καταλάβετε, γιατί θα καταστραφείτε. Αντ’ αυτού χαλαρώστε, αισθανθείτε και απολαύστε, μας παροτρύνει λοιπόν ο Feynman.

Αυτή η συνταγή για να λυθεί το πρόβλημα της αδυναμίας κατανόησης χαρακτηρίζει τον τρόπο σκέψης που επεκράτησε στη Δυτική ακτή των Η.Π.Α. στις δεκαετίες μετά το 1950. Ένα άλλο φαινόμενο που σχετίζεται με τη μετατόπιση του κέντρου βάρους της Φυσικής από την Ανατολική στη Δυτική ακτή των Η.Π.Α. μετά το 1950 είναι η σταδιακή εγκατάλειψη της ελληνικής και λατινικής ορολογίας που κυριαρχούσε μέχρι τότε λόγω της κλασικής παιδείας των Ευρωπαίων φυσικών του 19ου και των αρχών του 20ού αιώνα. Τα συστατικά του πρωτονίου βαπτίζονται πλέον quark και αυτά με τη σειρά τους χαρακτηρίζονται από ιδιότητες που αναφέρονται ως *flavor* (γεύσεις; αρώματα;), με περίεργες ονομασίες όπως *charm* (γοντεία), *strangeness* (παραξενιά), *beauty* (κάλλος) και *truth* (αλήθεια)!

Αυτή η νέα ονοματοδοτική πρακτική δεν είναι απλά ένα παιχνίδι. Η χρήση ελληνικών και λατινικών όρων –όπως άτομο, ηλεκτρόνιο, πρωτόνιο και νετρόνιο– εξυπηρετεί μια νομιμοποιητική λειτουργία για το οικοδόμημα της Φυσικής. Δίνει την ψευδαίσθηση ότι τα συστατικά αυτά έχουν πολύ μεγάλο ιστορικό βάθος, ενώ οι λέξεις ηλεκτρόνιο, πρωτόνιο και νετρόνιο εισήχθησαν στην ορολογία της Φυσικής μόλις στο τέλος του 19ου και στις αρχές του 20ού αιώνα.

Ένας άλλος διάσημος φυσικός του 20ού αιώνα, ο David Bohm (1917-1992), δεν αρκέστηκε στο «χαλαρώστε και απολαύστε» του Feynman και προσπάθησε να καταλάβει την αδυναμία κατανόησης της νέας φυσικής. Κατέληξε στο συμπέρασμα ότι η αδυναμία κατανόησης έχει τις ρίζες της στην ίδια μας τη γλώσσα, η οποία μας επιβάλλει και τα όρια πέρα από τα οποία δεν μπορούμε να καταλάβουμε ούτε να εκφραστούμε για τον κόσμο.

«Thought tends to create fixed structures in the mind, which can make dynamic entities seem to be static. To illustrate with an example, we know upon reflection that all manifest objects are in a state of constant flux and change. So there is really no such thing as a thing; all objects are dynamic processes rather than static forms. To put it crudely, one could say that nouns do not really exist, only verbs exist. **A noun is just a “slow” verb**; that is, it refers to a process that is progressing so slowly so as to appear static. For example, the paper on which this text is printed appears to have a stable existence, but we know that it is, at all times including this very moment, changing and evolving towards dust. Hence paper would more accurately be called papering –to emphasize that it is always and inevitably a dynamic process undergoing perpetual change».

«Η ανθρώπινη σκέψη έχει την τάση να κατασκευάζει σταθερές νοητικές δομές οι οποίες συνήθως μετατρέπουν δυναμικές, εξελισσόμενες οντότητες σε σταθερές, αναλλοίωτες έννοιες. Για να γίνω πιο σαφής, όλοι γνωρίζουμε ότι τα εμφανή πράγματα βρίσκονται σε κατάσταση συνεχούς ροής και αλλαγής. Στην πραγματικότητα λοιπόν δεν υπάρχουν διακριτά, ταυτοποιήσιμα πράγματα διότι αυτά συγκροτούνται από δυναμικές διαδικασίες και δεν αποτελούν στατικές μορφές. Υπεραπλουστεύοντας, θα έλεγα ότι τα ουσιαστικά δεν υφίστανται, μόνο τα ρήματα. Κατά κάποιο τρόπο το ουσιαστικό δεν είναι τίποτε άλλο παρά ένα πολύ αργό ρήμα, δηλαδή αναφέρεται σε μια διαδικασία που εξελίσσεται τόσο αργά ώστε να δίνει την αίσθηση ότι δεν αλλάζει. Για παράδειγμα, το χαρτί πάνω στο οποίο τυπώθηκε το κείμενο αυτό μοιάζει να έχει μια διάρκεια, μια σταθερή υπόσταση, γνωρίζουμε όμως ότι, ακόμα και τη στιγμή αυτή που διαβάζετε, η φύση του αλλοιώνεται και ότι σε βάθος χρόνου θα καταλήξει σε

σκόνη. Με άλλα λόγια αντί για το ουσιαστικό *χαρτί* θα έπρεπε να χρησιμοποιούμε το ρήμα *χαρτίζει* προκειμένου να τονίσουμε ότι πρόκειται, παντοτινά και αναπόφευκτα, για μια διαδικασία αέναης αλλαγής»

(Prof. David Bohm, *Wholeness and the implicate order*,  
London, Routledge and Kegan Paul, 1980).

Η απλοϊκή, ωμή και κυνική θέση του Feynman καθώς και η βαθύτερη ανάλυση του Bohm κόβουν τον ομφάλιο λώρο μεταξύ Φιλοσοφίας και Φυσικής. Ο καιρός θα δείξει αν ο άνθρωπος νους καταφέρει κάποτε να τον επανασυνδέσει.

## ΕΠΙΛΟΓΟΣ

Ο φιλοσοφικός διάλογος προϋποθέτει την ύπαρξη ενός αμοιβαία κατανοητού corpus εννοιών καθώς και των κανόνων για τη διαχείρισή τους, δηλαδή μια κοινή γλώσσα. Στο μέτρο που οι εξελίξεις του τελευταίου αιώνα στη φυσική μάς οδηγούν στο συμπέρασμα ότι μια τέτοια γλώσσα δεν είναι δυνατόν να υπάρξει, θα πρέπει να δεχτούμε ότι η φιλοσοφική αναζήτηση του ελαχίστου έφθασε στο τέλος. Στο όριο των πολύ μικρών διαστάσεων και των πολύ υψηλών ενεργειών δεν είναι πλέον δυνατή η απεικόνιση της φύσης με τα εργαλεία της γλώσσας. Αυτό δεν σημαίνει ότι η αναζήτηση σταματά. Απλώς, η κωδικοποίηση του κόσμου μας γίνεται εφεξής με τη συμβολική γλώσσα της Φυσικής. Η κωδικοποίηση αυτή μας επιτρέπει να διαχειριζόμαστε κβαντικά φαινόμενα (τρανζίστορ, λέιζερ κ.λπ.) χωρίς όμως να τα κατανοούμε με την κοινή έννοια της λέξης.

Ο προβληματισμός για την επάρκεια της κοινής γλώσσας να αποδώσει τα φαινόμενα της φύσης δεν αποτελεί προνόμιο των φυσικών. Θα κλείσω με τον τρόπο που διατύπωσε το πρόβλημα η βιολόγος Lyn Margulis (1938- ), ένα από τα πιο γόνιμα μυαλά του 20ού αιώνα, προσπαθώντας να απαντήσει στο ερώτημα «Τι είναι ζωή;»

«“What is life?” is a linguistic trap. To answer according to the rules of grammar, we must supply a noun, a thing. But life on Earth is more like a verb.

It is a material process, surfing over matter like a strange slow wave. It is a controlled artistic chaos, a set of chemical reactions so staggeringly complex that more than 4 billion years ago it began a sojourn that now, in human form, composes love letters and uses silicon computers to calculate the temperature of matter at the birth of the universe».

«Η ερώτηση ‘Τι είναι ζωή,’ αποτελεί μια γλωσσολογική παγίδα. Για να απα- ντήσουμε σύμφωνα με τους κανόνες της γραμματικής, θα πρέπει να χρησιμο- ποιήσουμε ένα ουσιαστικό. Αλλά η ζωή στον πλανήτη Γη μοιάζει περισσότερο με ρήμα. Πρόκειται για μια διεργασία που μορφοποιεί το υλικό υπόστρωμα όπως ένα παράξενο αργό κύμα που ταξιδεύει στην επιφάνεια της θάλασσας. Για ένα ελεγχόμενο καλλιτεχνικό χάος, ένα εκπληκτικά πολύπλοκο σύνολο χημι- κών αντιδράσεων που ξεκίνησε πριν από τέσσερα δισεκατομμύρια χρόνια και σήμερα, με την ανθρώπινη έκφρασή του, συνθέτει γράμματα αγάπης και φτιά- χνει μηχανές από πυρίτιο για να υπολογίσει τη θερμοκρασία της ύλης τη στιγμή της γέννησης του σύμπαντος».

(Prof. Lynn Margulis, Lecture in the IIASA “*Evolution and Complexity*” series, Luxemburg, Austria, 13 September 1995).

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Παραθέτω, τέλος, για όποιον ενδιαφέρεται να διαβάσει περισσότερα για την επικούρεια σκέψη, μια επιλογή από την πενιχρή βιβλιογραφία στα νέα ελληνικά:

Χ. Αποστολίδης, *Επίκουρος-Η Αληθινή όψη του Αρχαίου Κόσμου*, Αθήνα, Εκδό- σεις του Κήπου, 1954.

Τίτος Λουκρήτιος Κάρος, *Περί Φύσεως*, μτφρ. Κ. Θεοτόκη, Αθήνα, Νεφέλη, 1980.

Επίκουρος, *Κείμενα-Πηγές*, επιμέλεια-μετάφραση Γ. Αβραμίδης-Π. Οικονόμου, Θεσσαλονίκη, Θύραθεν, 2000.

Διογένης Λαέρτιος, *Επίκουρος*, επιμέλεια-μετάφραση Π. Ροδάκης, Νέα Σύνορα- Αθήνα, Α.Α. Λιβάνης, 1993.